

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET
ZAVOD ZA ODJEVNU TEHNOLOGIJU

DIPLOMSKI RAD

**Razvoj računalnog parametarskog
prototipa odjevnog predmeta**

Dr. sc. Slavenka Petrak, doc.

Maja Mahnić 6744/IDO

Zagreb, 2011. godina.

DIPLOMSKI RAD

KANDIDAT: Maja Mahnić

NASLOV RADA: Razvoj računalnog parametarskog prototipa odjevnog predmeta

NAZIV STUDIJA: Tekstilna tehnologija i inženjerstvo

NAZIV SMJERA: Industrijski dizajn odjeće

VODITELJ RADA: Dr. sc. Slavenka Petrak, doc.

ČLANOVI POVJERENSTVA: Dr. sc. Slavenka Petrak, doc.

Prof. dr. sc. Dubravko Rogale

Maja Vinković, red. prof.

Zamjenik: Prof. dr. sc. Darko Ujević

JEZIK TEKSTA: hrvatski

RAD SADRŽI: 130 stranica

108 slika

19 tablica

47 literaturnih referenci

INSTITUCIJA U KOJOJ JE RAD IZRAĐEN: Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

DATUM PRIHVAĆANJA TEME: 18. 10. 2010. (1. redovita sjednica Fakultetskog vijeća u ak. god. 2010./2011.)

SAŽETAK

U radu je prikazano cjelovito istraživanje i razvoj računalnog parametarskog modela, odnosno prototipa odjevnog predmeta po segmentima, u okviru kojih je bilo potrebno provesti ispitivanja i mjerenja primjenom suvremenih računalnih tehnologija i odgovarajuće mjerne opreme. U tom smislu početno je osmišljen likovni projekt modela ženske haljine, za koji je izvedena konstrukcija temeljnog kroja odabrane bazne veličine, a cjelovita daljnja razrada 2D kroja je izvedena primjenom 2D/3D CAD sustava konstrukcijske pripreme odjeće. Kako bi se verificirao modelirani kroj s aspekta dizajna i udobnosti nošenja, izvedena je računalna 3D simulacija modela odjevnog predmeta. U tu svrhu, prethodno su primjenom FAST mjernog sustava izmjerena mehanička svojstva materijala, za koji je u okviru eksperimentalnog dijela rada izvedena simulacija te su podaci pohranjeni u bazu podataka CAD sustava. Dalje je izvedena prilagodba mjera i držanja računalnog parametarskog modela tijela, u skladu s odabranom baznom odjevnom veličinom. Definirani su svi potrebni parametri simulacije te je njenom provedbom i analizom rezultata provedena verifikacija modeliranog kroja. Krojni dijelovi su računalno gradirani na temelju izračunatih vrijednosti pravila gradiranja, za odabrani niz odjevnih veličina. Primjenom laserskog 3D skenera tijela izvedeno je skeniranje, računalna analiza i antropometrijsko mjerenje tijela za tri ispitanice, različitih antropometrijskih karakteristika tijela. Na temelju utvrđenih rezultata, izvedena je prilagodba parametarskog modela tijela za sve tri ispitanice.

Najkompleksniji dio istraživanja odnosi se na iznalaženje matematičkih izraza, za prevođenje 2D krojnih dijelova iz vektorskog u parametarski oblik zapisa. U tom smislu, provedena je kompleksna analiza kroja modela, sa svrhom definiranja segmenata krojnih dijelova na kojima će se omogućiti izvođenje promjena vrijednosti mjera, sa svrhom računalne prilagodbe modelima tijela različitih antropometrijskih karakteristika. Verifikacija utvrđenih izraza, provedena je računalnim 3D simulacijama prilagođenih krojeva na parametarskim 3D modelima tijela ispitanica te sustavnom analizom postignutih rezultata, u smislu objektivne procjene pristalosti računalnog parametarskog modela odjevnog predmeta.

Ključne riječi: računalna konstrukcija odjeće, CAD sustav, 3D simulacija, odjeća po mjeri

Popis slika:

Sl. 1	<i>My Virtual Try On</i> – internetski katalog s aplikacijom virtualnog isprobavanja odjeće na prilagođenom avataru	2
Sl. 2	LCD monitor	6
Sl. 3	Uređaj za digitalizaciju – DigiPen	7
Sl. 4	Grafička ploča	8
Sl. 5	Skener	9
Sl. 6	Inkjet pisač	9
Sl. 7	Alys 30 – uređaj za iscrtavanje krojnih slika <i>t.t.Lectra Systems</i>	10
Sl. 8	Detekcija dimenzija krojne slike	11
Sl. 9	ProSpin Fashion agregat za iskrojavanje s prikazom glavnog prozora pripadajućeg programa ProSpin Pilot <i>t.t. Lectra Systems</i>	12
Sl. 10	LAN – lokalna računalna mreža	12
Sl. 11	Topologija mreže	13
Sl. 12	Hard disk	16
Sl. 13	CD-ROM disk	16
Sl. 14	USB flash stick	17
Sl. 15	Računalna 2D/3D konstrukcija	18
Sl. 16	3D flattening – transformacija računalnog 3D modela odjevnog predmeta u 2D krojne dijelove	19
Sl. 17	Prozor programa Pattern Design System – PDS s prikazom digitaliziranih krojnih dijelova	20
Sl. 18	Izbornik <i>Postavke</i>	21
Sl. 19	Skupine alata za konstrukciju i modeliranje 2D krojnih dijelova	22
Sl. 20	Primjer gradiranja glavne točke s prikazom tablice varijabilnih podataka	23
Sl. 21	Shematski prikaz interaktivnog rada u 2D/3D CAD sustavu	24
Sl. 22	Parametarski modeli ženskog tijela različitih antropometrijskih karakteristika, <i>3D Runway</i>	25
Sl. 23	Definiranje parametara oblika i pozicioniranja krojnih dijelova u odnosu na tijelo	26

Sl. 24	Verifikacija šavova na 3D prikazu	27
Sl. 25	Izbornik za definiranje parametara segmenata spajanja	27
Sl. 26	Izbornik za definiranje parametara mehaničkih svojstava materijala	28
Sl. 27	Prikaz mreža poligona različitih gustoća	29
Sl. 28	Efekt „napuhavanja“	30
Sl. 29	Prikaz aplikacije različitih vrsta šavova	31
Sl. 30	Fiksna točka na krojnom dijelu, postavljena u ishodište gradiranja	32
Sl. 31	Osi: a) vertikalna os postavljena kroz fiksnu točku na krojnom dijelu b) horizontalne osi postavljene na karakterističnim opsezima	33
Sl. 32	Promjena dimenzija krojnog dijela ovisno o promjeni vrijednosti postavljene mjere	33
Sl. 33	Veze postavljene u odnos utvrđenim matematičkim izrazom	34
Sl. 34	Glavni prozor programskog paketa <i>Mark</i>	35
Sl. 35	Izbornik svojstava krojnih dijelova	36
Sl. 36	KES-FB1 AUTO mjerni uređaj za vlačna i smična svojstva	38
Sl. 37	KES-FB2 AUTO mjerni uređaj za savojna svojstva	39
Sl. 38	KES-FB3 AUTO mjerni uređaj za kompresijska svojstva	40
Sl. 39	KES-FB4 AUTO mjerni uređaj za površinska svojstva	40
Sl. 40	Princip rada FAST-1 mjernog uređaja	41
Sl. 41	Princip mjerenja krutosti savijanja pomoću FAST-2 mjernog uređaja	42
Sl. 42	Princip rada FAST-3 mjernog uređaja	43
Sl. 43	Smična deformacija uzorka	43
Sl. 44	FAST kontrolni dijagram	44
Sl. 45	Dijagram tijeka - Princip rada laserskih i svjetlosnih sustava za 3D skeniranje	46
Sl. 46	Sustav kamere i lasera koji se koristi za snimanje pomoću 3D skenera – princip optičke triangulacije	48
Sl. 47	Snimanje tijela primjenom triangulacijskih senzora usmjerenih prema tijelu	49
Sl. 48	Plan rada u skladu s postavljenim ciljevima	51
Sl. 49	Likovni projekt modela 1 ženske haljine	53

Sl. 50	Likovni projekt modela 2 ženske haljine	54
Sl. 51	Konstrukcija prednjeg i stražnjeg dijela temeljnog kroja ženske haljine	56
Sl. 52	Postupak digitalizacije krojnih dijelova pomoću DigiPena	57
Sl. 53	Razdvajanje prednjih dijelova preko razdjelnih šavova	59
Sl. 54	Zatvaranje prsnog ušitka	60
Sl. 55	Modeliranje preklopa i vratnog izreza na prednjem dijelu	60
Sl. 56	Modeliranje dodatka za nabiranje ramenog šava	61
Sl. 57	Proširenje prednjeg bočnog donjeg dijela na liniji struka za nabiranje	61
Sl. 58	Modeliranje razdjelnih šavova na stražnjem dijelu i izdvajanje krojnih dijelova	62
Sl. 59	Rezanje stražnjeg bočnog dijela i proširenje donjeg dijela za liniji struka za nabiranje	63
Sl. 60	Uklanjanje šava na prednjoj sredini	64
Sl. 61	Uklanjanje dodatka za preklop na bočnim dijelovima	64
Sl. 62	Odvajanje dodatka na bočnom dijelu i pripajanje istog prednjem srednjem dijelu	65
Sl. 63	Oblikovanje prednjeg srednjeg dijela	66
Sl. 64	Oblikovanje prednjih bočnih dijelova	66
Sl. 65	Oblikovanje stražnjeg bočnog dijela i pripajanje dodatka na stražnji srednji dio	67
Sl. 66	Oblikovanje stražnjeg srednjeg dijela	68
Sl. 67	Oblikovanje stražnjeg bočnog dijela	68
Sl. 68	Parametarski oblik ženskog tijela prilagođen za odjevnu veličinu 38	70
Sl. 69	Pozicioniranje krojnih dijelova na 3D modelu tijela	71
Sl. 70	Krojni dijelovi s označenim segmentima koji se spajaju – MODEL 1	72
Sl. 71	Krojni dijelovi s označenim segmentima koji se spajaju – MODEL 2	73
Sl. 72	Verifikacija definiranih segmenata spajanja na 3D prikazu modela	74
Sl. 73	Mjerenje tjelesne visine	77
Sl. 74	Mjerenje opsega grudi	77

Sl. 75	Mjerenje opsega struka	77
Sl. 76	Mjerenje opsega bokova	77
Sl. 77	Mjerenje opsega vrata	78
Sl. 78	Mjerenje širine grudi	78
Sl. 79	Mjerenje širine leđa	78
Sl. 80	Mjerenje duljine leđa	78
Sl. 81	Mjerenje širine desnog ramena	79
Sl. 82	Mjerenje širine lijevog ramena	79
Sl. 83	Mjerenje duljine između sedmog vratnog kralješka i bokova	79
Sl. 84	Mjerenje duljine između vrata i vrha grudi	79
Sl. 85	Izračun mjera opsega struka, bokova i grudi u programu <i>Modulate</i> na temelju prethodno utvrđenih matematičkih izraza – MODEL 1	88
Sl. 86	Izračun mjera opsega struka, bokova i grudi u programu <i>Modulate</i> na temelju prethodno utvrđenih matematičkih izraza – MODEL 2	88
Sl. 87	Krojni dijelovi ženske haljine – MODEL 1	91
Sl. 88	Krojni dijelovi ženske haljine – MODEL 2	92
Sl. 89	Konvertiranje vrijednosti parametara mehaničkih svojstava tkanine primjenom Fabric Editora t.t. <i>Optitex</i>	93
Sl. 90	Modeli haljina na parametarskom modelu tijela odjevnice veličine 38	94
Sl. 91	Verifikacija pristalosti modela odjevnice veličine 38	95
Sl. 92	Gradirani kroj ženske haljine – MODEL 1	96
Sl. 93	Gradirani kroj ženske haljine – MODEL 2	97
Sl. 94	Računalni modeli tijela za tri ispitanice dobiveni 3D skeniranjem	98
Sl. 95	Razvijeni parametarski kroj ženske haljine u sustavu <i>Modulate</i> – MODEL 1	104
Sl. 96	Razvijeni parametarski kroj ženske haljine u sustavu <i>Modulate</i> – MODEL 2	107
Sl. 97	Verifikacija modela 1 utvrđivanjem razlika u vrijednostima opsega – ispitanica 1	108
Sl. 98	Verifikacija modela 1 utvrđivanjem razlika u vrijednostima opsega - ispitanica 2	109

Sl. 99	Verifikacija modela 1 utvrđivanjem razlika u vrijednostima opsega - ispitanica 3	109
Sl. 100	Verifikacija modela 2 utvrđivanjem razlika u vrijednostima opsega – ispitanica 1	110
Sl. 101	Verifikacija modela 2 utvrđivanjem razlika u vrijednostima opsega	111
Sl. 102	Verifikacija modela 1 računalnim mjerenjem udaljenosti modela odjevnog predmeta od tijela po zonama	112
Sl. 103	Verifikacija modela 2 računalnim mjerenjem udaljenosti modela odjevnog predmeta od tijela po zonama	112
Sl. 104	Aplikacija boja i tekstura na model haljine	113
Sl. 105	Aplikacija boja i tekstura na parametarski model haljine	113
Sl. 106	Krojna slika parametriziranog modela 1 prilagođenog tjelesnim mjerama ispitanice 1	114
Sl. 107	Krojna slika parametriziranog modela 2 prilagođenog tjelesnim mjerama ispitanice 1	115
Sl. 108	Usporedba računalnog i realnog prototipa modela 1 ženske haljine	116

Popis tablica

Tab. 1	KES mjerni sustav – pregled mjernih naprava, mjerenih svojstava i karakterističnih parametara	38
Tab. 2	FAST mjerni sustav – pregled mjernih naprava, mjerenih svojstava i karakterističnih parametara	41
Tab. 3	Tehničke karakteristike 3D skenera	47
Tab. 4	Glavne tjelesne i konstrukcijske mjere za konstrukciju temeljnog kroja ženske haljine	55
Tab. 5	Pregled odabranih parametara mehaničkih svojstava koji se utvrđuju FAST mjernim sustavom	69
Tab. 6	Konstrukcijske mjere za gradiranje modela ženske haljine	75
Tab. 7	Vrijednosti mjera na liniji grudi [mm] – MODEL 1	80
Tab. 8	Vrijednosti mjera na liniji struka [mm] – MODEL 1	81
Tab. 9	Vrijednosti mjera na liniji bokova [mm] – MODEL 1	81
Tab. 10	Vrijednosti mjera na liniji grudi [mm] – MODEL2	81
Tab. 11	Vrijednosti mjera na liniji struka [mm] – MODEL 2	81
Tab. 12	Vrijednosti mjera na liniji bokova [mm] – MODEL 2	82
Tab. 13	Set mjera na liniji grudi – MODEL 1	82
Tab. 14	Set mjera na liniji struka – MODEL 1	83
Tab. 15	Set mjera na liniji bokova – MODEL 1	84
Tab. 16	Set mjera na liniji grudi – MODEL 2	85
Tab. 17	Set mjera na liniji struka – MODEL 2	86
Tab. 18	Set mjera na liniji bokova – MODEL 2	87
Tab. 19	Tjelesne mjere za tri ispitanice utvrđene 3D skeniranjem tijela	99

Popis i objašnjenje kratica korištenih u radu:

CAD	- Computer-Aided Design
CAM	- Computer-Aided Manufacturing
2D	- Dvodimenzionalno
3D	- Trodimenzionalno
CRT	- Cathode Ray Tube
LCD	- Liquid Crystal Display
LED	- Light Emiting Diode
PDS	- Pattern Design System
KES	- Kawabata Evaluation System
FAST	- Fabric Assurance by Simple Testing
Tv	- Tjelesna visina
Og	- Opseg grudi
Ob	- Opseg bokova
Os	- Opseg struka
Do	- Dubina orukavlja
DI	- Duljina leđa
Vb	- Visina bokova
Dk	- Duljina kroja
Švi	- Širina vratnog izreza
Vpd	- Visina prednjeg dijela
ŠI	- Širina leđa
Šo	- Širina orukavlja
Šg	- Širina grudi
Šs	- Širina struka

SADRŽAJ

1.	UVOD	1
2.	PREGLED TEMATIKE	5
2.1.	Likovno projektiranje odjeće	5
2.2.	Konfiguracija računalnih sustava konstrukcijske pripreme u odjevnoj industriji	5
2.2.1.	Karakteristične ulazno - izlazne jedinice računalnih sustava	6
2.2.1.1.	Grafički monitor	6
2.2.1.2	Uređaj za digitalizaciju - DigiPen	7
2.2.1.3.	Tipkovnica	8
2.2.1.4.	Grafička ploča i mini tipkovnica	8
2.2.1.5.	Skener	9
2.2.1.6.	Pisač	9
2.2.1.7.	Uređaj za crtanje krojnih slika	10
2.2.2.	CNC agregat za iskrojanje	11
2.2.3.	Računalna mreža	12
2.2.4.	Pohranjivanje podataka u računalnim sustavima konstrukcijske pripreme	14
2.2.4.1.	Poluvodičke memorije	14
2.2.4.2.	Magnetski disk	15
2.2.4.3.	Optički disk	16
2.2.4.4.	USB flash disk	17
2.3.	Programski paketi za CAD/CAM sustave u odjevnoj industriji	17
2.3.1.	PDS – Pattern Design System	19
2.3.1.1.	Izgled i postavke programa	20
2.3.1.2.	Konstrukcija i modeliranje krojnih dijelova	21
2.3.1.3.	Gradiranje krojeva	23

2.3.2.	3D Runway - program za 3D simulaciju odjeće	24
2.3.2.1.	Računalni parametarski model tijela	25
2.3.2.2.	Parametri krojnih dijelova i pozicioniranje	26
2.3.2.3.	Parametri segmenata koji se spajaju	26
2.3.2.4.	Parametri mehaničkih svojstava materijala	28
2.3.2.5.	Mreža poligona	29
2.3.2.6.	Posebni efekti simulacije	30
2.3.2.7.	Aplikacija boja i tekstura materijala i šavova	30
2.3.2.8.	Ocjenjivanje pristalosti kroja na računalnom modelu tijela	31
2.3.3.	Modulate - program za prilagodbu krojnih dijelova po mjerama	31
2.3.3.1.	Fiksne točke	32
2.3.3.2.	Osi	32
2.3.3.3.	Mjere	34
2.3.4.	Mark – program za izradu krojnih slika	34
2.3.4.1.	Parametri krojne slike	35
2.3.4.2.	Svojstva krojnih dijelova	36
2.3.4.3.	Grafički proces uklapanja krojne slike	36
2.4.	Mjerni sustavi za objektivno vrednovanje tekstila i odjeće	37
2.4.1.	KES mjerni sustav	38
2.4.1.1.	Vlačna svojstva	38
2.4.1.2.	Savojna svojstva	39
2.4.1.3.	Smična svojstva	39
2.4.1.4.	Kompresijska svojstva	39
2.4.1.5.	Površinska svojstva	40
2.4.2.	FAST mjerni sustav	41
2.4.2.1.	Kompresijska svojstva	41
2.4.2.2.	Savojna svojstva	42

2.4.2.3.	Vlačna svojstva	42
2.4.2.4.	Smična svojstva	43
2.5.	Antropometrijska mjerenja tijela primjenom 3D skenera	45
3.	METODIKA RADA	50
4.	EKSPERIMENTALNI DIO	52
4.1.	Likovno projektiranje modela ženskih haljina	52
4.1.1.	Projektiranje ženske haljine – model 1	52
4.1.2.	Projektiranje ženske haljine – model 2	54
4.2.	Konstrukcija, digitalizacija i modeliranje krojeva modela ženskih haljina primjenom CAD sustava konstrukcijske primjene	55
4.2.1.	Izračun konstrukcijskih mjera za žensku haljinu odjevnice veličine 38 i konstrukcija temeljnog kroja	55
4.2.2.	Digitalizacija krojnih dijelova primjenom CAD sustava konstrukcijske pripreme	57
4.2.3.	Modeliranje krojeva haljina primjenom 2D CAD sustava konstrukcijske pripreme	58
4.2.3.1.	Modeliranje kroja haljine – model 1	58
4.2.3.2.	Modeliranje kroja haljine – model 2	63
4.3.	Utvrđivanje mehaničkih svojstava materijala primjenom FAST mjernog sustava	69
4.4.	Utvrđivanje svih potrebnih parametara i izvođenje računalnih 3D simulacija modela ženskih haljina	69
4.4.1.	Prilagodba parametarskog modela tijela za odjevnice veličinu 38	70
4.4.2.	Definiranje parametara krojnih dijelova i 3D pozicioniranje	71
4.4.3.	Definiranje segmenata spajanja krojnih dijelova	72
4.4.4.	Definiranje posebnih efekata simulacije	75
4.4.5.	3D simulacija i ocjena pristalosti modeliranih krojeva	75
4.5.	Gradiranje krojeva modela ženskih haljina primjenom CAD sustava konstrukcijske primjene	75
4.6.	Antropometrijska mjerenja tijela primjenom 3D skenera	76

4.6.1.	Računalno utvrđivanje mjera i analiza tijela	76
4.7.	Utvrđivanje razvojnih koraka i matematičkih izraza za prevođenje 2D krojnih dijelova iz vektorskog u parametarski oblik zapisa	80
4.7.1.	Utvrđivanje matematičkih izraza za preračunavanje vrijednosti pojedinih mjera na krojnim dijelovima prema odabranoj tjelesnoj mjeri	82
4.7.1.1.	Utvrđivanje matematičkih izraza za prilagodbu kroja haljine – model 1	82
4.7.1.2.	Utvrđivanje matematičkih izraza za prilagodbu kroja haljine – model2	85
4.8.	Računalna prilagodba parametarskih krojeva modela haljina i računalnog modela tijela mjerama ispitanica te izvođenje 3D simulacija prilagođenih krojeva	89
4.9.	Ocjena pristalosti simuliranih modela	89
4.10.	Aplikacija boja i tekstura na 3D modele ženskih haljina	89
4.11.	Izrada krojnih slika primjenom CAD sustava konstrukcijske pripreme	90
4.12.	Izrada realnog prototipa parametarskog modela 1 ženske haljine prilagođenog mjerama ispitanice 1	90
5.	REZULTATI	91
5.1.	Rezultati modeliranja modela ženskih haljina primjenom CAD sustava	91
5.2.	Rezultati utvrđivanja parametara mehaničkih svojstava materijala	93
5.3.	Rezultati 3D simulacija modela haljina odjevne veličine 38 i verifikacija pristalosti	94
5.4.	Rezultati gradiranja krojeva u 2D CAD sustavu konstrukcijske pripreme	96
5.5.	Rezultati antropometrijskog mjerenja i analize držanja tijela za tri ispitanice primjenom 3D skenera	98
5.6.	Rezultati utvrđivanja matematičkih izraza za preračunavanje vrijednosti pojedinih mjera na krojnim dijelovima prema odabranoj glavnoj tjelesnoj mjeri – model 1	102
5.7.	Rezultati utvrđivanja matematičkih izraza za preračunavanje vrijednosti pojedinih mjera na krojnim dijelovima prema odabranoj glavnoj tjelesnoj mjeri – model 2	105
5.8.	Rezultati 3D simulacija i verifikacija pristalosti modela	108
5.9.	Rezultati aplikacije boja i tekstura na modele ženskih haljina	113

5.10.	Rezultati izrade krojnih slika	114
5.11.	Rezultati usporedbe računalnog i realnog parametarskog prototipa modela ženske haljine	116
6.	RASPRAVA	117
7.	ZAKLJUČCI	123
8.	LITERATURA	127

1. UVOD

Odjevna industrija još uvijek je jedna od važnih gospodarskih djelatnosti u Republici Hrvatskoj, a također i u zapadnim zemljama, bez obzira što je proces globalizacije zaoštrio konkurenciju i nametnuo pitanje potrebe restrukturiranja, modernizacije i temeljitog propitivanja razvojnih perspektiva proizvođača tekstila i odjeće. Pozitivni primjeri u pojedinim zemljama Europske Unije pokazuju da industrija tekstila i odjeće može biti uspješna djelatnost, nakon provedenih intenzivnih strukturnih prilagodbi. Čimbenici uspjeha jesu modernizacija industrije razvojem novih proizvoda s većim udjelom dodane vrijednosti, marketing vlastitih proizvoda, razvoj vlastitih tržišnih marki, razvoj vlastite prodajne mreže i osiguran pristup sirovinskoj bazi.

Poseban značaj u ostvarivanju konkurentnog položaja na tržištu za proizvođače predstavlja i orijentacija na širenje baze zadovoljnih i stalnih kupaca, s proizvodima prilagođenim zahtjevima istih. U tom smislu, jedan od pozitivnih pravaca razvoja, potvrđen u razvijenim zemljama, je i koncept proizvodnje odjeće prilagođene zahtjevima kupaca (*engl. Mass Customization*) odnosno odjeće izrađene po mjeri kupca (*engl. Made to Measure*) [1,2].

Kao pretpostavka za provedbu navedenog koncepta, nužno je ulaganje u inovativnu tehnologiju koja omogućuje višu razinu produktivnosti i kvalitetu proizvoda, pri čemu su ključne inovacije, kreativnost i dizajn. Suvremena tehnologija proizvodnje odjeće utemeljena je na svestranoj primjeni najsuvremenijih znanstvenih, tehničkih i tehnoloških dostignuća [3]. Prethodno navedeni koncepti proizvodnje odjeće prema zahtjevima kupaca podrazumijevaju individualizaciju odjeće za svakog kupca, pri čemu kupcima nude odabir iz široke palete modela, materijala različitog dizajna i boja te opcija pristalosti odjevnih predmeta. Tako je na primjer poznata robna kuća Sears u suradnji s tvrtkama *My Virtual Try On* i IBM na svojim stranicama ponudila internetsku katalošku prodaju s virtualnim isprobavanjem odjeće koja objedinjuje četiri aplikacije, *BrandMe* aplikaciju koja omogućava korisnicima prilagodbu avatara, odnosno virtualnog modela tijela prema vlastitom izgledu, *DressingRoom* aplikaciju koja omogućava virtualno isprobavanje odjeće na vlastitom virtualnom 3D modelu, sl. 1, aplikaciju *WeightLoss* za isprobavanje i usporedbu pristalosti odjeće na modelima tijela različite tjelesne težine i aplikaciju *Home Deco* za virtualnu prodaju dekorativnog tekstila [4,5].

Prikazani koncept proizvodnje odjeće podrazumijeva usvajanje i aplikaciju novih znanja, temeljenih na povezivanju visokostručnih znanja struke, iskustvenih spoznaja te rezultata znanstveno-istraživačkog rada u procese razvoja novih proizvoda [6]. U tom smislu, u području računalne konstrukcije i 3D simulacije odjeće, u posljednjih deset godina provedena

su brojna istraživanja u okviru znanstveno-istraživačkih projekata, s ciljem razvoja CAD sustava koji će omogućiti realističnu računalnu 3D simulaciju odjeće [7-13]. Temeljna svrha ovakvih sustava je ubrzavanje razvoja novih kolekcija odjeće, pri čemu se izrada realnih prototipova odjevnih predmeta u fazi razvoja i ispitivanja modela, zamjenjuje izradom računalnog prototipa. Na taj način postiže se značajna ušteda vremena i svih materijalnih troškova koji proizlaze iz procesa proizvodnje realnog prototipa, uz istovremeno postizanje visoke kvalitete i preciznosti krojeva, odnosno u konačnici samih odjevnih predmeta. Za ovu namjenu, na tržištu postoje i u praksi se postupno primjenjuju i komercijalni CAD sustavi [14-17]. Njihova iskoristivost u praksi je vrlo visoka u segmentu razrade 2D krojeva odjeće prema sustavu odjevnih veličina, međutim u dijelu računalne pripreme krojeva za prilagodbu prema mjerama, još uvijek je nedostatna. Kao razlog tome, može se navesti nedostatak visokostručnih kadrova, s obzirom na polidisciplinarnost tog područja, iz kojeg proizlazi složenost u pristupu i iznalaženju metode računalne pripreme kroja za prilagodbu po mjerama.



SI. 1 *My Virtual Try On* – internetski katalog s aplikacijom virtualnog isprobavanja odjeće na prilagođenom avataru

U tom smislu, provedena su istraživanja u okviru ovog rada iz područja računalne konstrukcije i 3D simulacije odjeće, s ciljem razvoja parametarskog računalnog modela odjevnog predmeta, koji će u konačnici biti primjeren za računalnu prilagodbu po mjerama ispitanica različitih antropometrijskih obilježja tijela.

S estetskog stajališta, izgled odjeće ocjenjuje se stupnjem kakvoće izgleda izrađenog odjevnog predmeta, pada i pristajanja odjevnog predmeta, odnosno vizualnog oblika odjeće, a neposredno ovisi o vrsti i svojstvima upotrijebljenih materijala, konstrukciji kroja i kakvoći izrade. S tehnološkog stajališta, odjevni se predmet može odrediti kao proizvod konstruiran na temelju antropometrijskih uvjeta iz 2D tekstilnog plošnog proizvoda, kože ili nekog drugog materijala i spojen u 3D oblik koji kao ljuska prekriva tijelo [18].

Uz konvencionalan alat i naprave za mjerenje tjelesnih mjera, sve veći trend kod suvremenih proizvođača odjeće u svijetu je snimanje kupca pomoću 3D skenera i beskontaktno računalno utvrđivanje tjelesnih mjera na 3D skupini točaka koja je rezultat snimanja i koja prostorno opisuje oblik tijela [11].

U tom smislu, proveden je sustavni niz aktivnosti, pri čemu je početno izvedena konstrukcija dvodimenzionalnog temeljnog kroja ženske haljine, primjenom CAD sustava i 2D/3D računalnih programa, namijenjenih konstrukcijskoj pripremi odjevne industrije. Za odabrane modele odjevnih predmeta, izvedeno je računalno modeliranje i gradiranje kroja. Testiranje pristalosti krojeva izvedeno je nizom složenim simulacija na računalnom modelu tijela, za odabranu odjevnju veličinu i uz aplikaciju fizikalno - mehaničkih svojstava odabranog materijala.

Najsloženiji dio istraživanja predstavlja iznalaženje matematičkih izraza, koje je potrebno odrediti za izračunavanje promjena dimenzija pojedinih segmenata svakog krojnog dijela, pri čemu je potrebno osigurati da se pri modifikaciji pojedinačnog krojnog dijela, svi korespondentni krojni dijelovi mijenjaju za isti iznos promjene ili za određeni koeficijent proporcionalnosti. Kao baza za definiranje segmenata krojnih dijelova na kojima će se izvoditi promjene, potrebno je temeljito poznavanje zakonitosti i pravila konvencionalne konstrukcije odjeće, antropometrijskih odnosa pojedinih dijelova ljudskog tijela te odstupanja od normalnih proporcija tijela [19,20]. U tom smislu, definiranje segmenata krojnih dijelova na kojima će se izvoditi promjene ovisi o modelu odjevnog predmeta. Aplikacijom postavljenih matematičkih izraza u računalnom programu te definiranjem dodatnih elemenata pripreme krojeva, krojni dijelovi prevode se iz vektorskog zapisa [21], uobičajenog za konvencionalne CAD sustave, u parametarski oblik [22] koji omogućuje izvođenje istovremenih promjena na

više korespondentnih segmenata krojnih dijelova. Tako pripremljeni krojevi modela odjevnih predmeta, u narednim koracima su testirani na računalnim modelima tijela različitih antropometrijskih mjera, kroz računalnu prilagodbu krojeva mjerama tijela i izvođenje simulacija. U tu svrhu, prethodno je primjenom 3D skenera tijela izvedeno računalno utvrđivanje mjera za tri ispitanice te je izvedena prilagodba računalnog parametarskog modela tijela, koji je korišten za simulaciju. Za postizanje realističnog prikaza modela odjevnih predmeta, dodatno je izvedena aplikacija tekstura na površine krojnih dijelova.

Verifikacija pristalosti modela izvedena je računalnim mjerenjem vrijednosti razlika mjera u karakterističnim opsezima grudi, struka i bokova, te računalnim mjerenjem udaljenosti modela odjevnog predmeta od tijela po zonama, pri čemu se prethodno definira željeni raspon udaljenost relevantan prilikom procjene komocije odjevnog predmeta. Dodatno je kroj modela haljine verificiran izradom realnog prototipa, pri čemu su za izradu krojne slike i iskrojavanje korišteni CAD sustav konstrukcijske pripreme i agregat za automatsko iskrojavanje, te je nakon procesa izrade odjevnog predmeta izvedena usporedba realnog i računalnog prototipa sa svrhom verifikacije kroja i procjene uspješnosti simulacije.

2. PREGLED TEMATIKE

U ovom poglavlju dat je cjelovit prikaz karakteristika i mogućnosti primjene inovativnih računalnih tehnologija u okviru koncepcije suvremene industrijske proizvodnje odjeće po mjeri. U tom smislu, opisano je likovno projektiranje odjeće kao polazište za realizaciju kreativne ideje i kreiranje novog odjevog predmeta za industrijsku proizvodnju. Opisane su karakteristične jedinice konfiguracije računalnih CAD/CAM sustava konstrukcijske pripreme u odjevnoj industriji, te je dat pregled suvremenih tržišno dostupnih CAD sustava namjenjenih 2D/3D konstrukciji i prilagodbi krojeva po zadanim mjerama tijela.

U nastavku je dat detaljan opis značajki i principa rada sustava za objektivno vrednovanje mehaničkih svojstava tekstila i odjeće, bitnih za utvrđivanje parametara važnih za računalnu 3D simulaciju odjeće i sustava za beskontaktno utvrđivanje tjelesnih mjera, kao jednog od najznačajnijih elemenata u lancu procesnog kruga industrijske proizvodnje odjeće po mjeri.

2.1. Likovno projektiranje odjeće

Likovni projekt odjeće je nacrt, prema kojem se konstruira i proizvodi odjeća. Osim što mora na promatrača djelovati estetski privlačno, a što se postiže likovnim sredstvima, mora biti konstrukcijski jasan i čitak. Jasnoća likovnog projekta sadrži temeljne proporcije odjeće – duljinu i širinu. Točno prikazivanje širina odjeće na projektu se postiže orijentacijskim crtama na modnom liku. Orijentacijske crte ljudskog tijela su okomice, usporedne s kralježnicom, na istoj udaljenosti lijevo i desno i obuhvaćaju širinu torza. Orijentacijske crte se nalaze i na temeljnom kroju odjeće, gdje se okomice postavljaju prema matematičkom izračunu, koji točno određuje poziciju sjecišta okomice s linijom opsega grudi. Na prednjem dijelu orijentacijska crta predstavlja okomicu na četvrtini temeljnog kroja, na kojoj se nalazi prsna točka i prema kojoj se konstruiraju ušici i modeliraju linije kroja. Na stražnjem dijelu orijentacijska crta također predstavlja okomicu na četvrtini leđa prema kojoj se mogu konstruirati rameni ušitak i ušitak u struku [23].

2.2. Konfiguracija računalnih sustava konstrukcijske pripreme u odjevnoj industriji

Primjena elektroničkih računala u odjevnoj industriji započela je neposredno nakon njihove komercijalne pojave na tržištu, te su se njihovom primjenom poslovi znatno ubrzali, a kvaliteta rada i preciznost znatno povećali. S obzirom na funkcije osnovnih jedinica, konfiguracije sustava konstrukcijske pripreme u odjevnoj industriji, slične su klasičnim konfiguracijama elektroničke obrade podataka. Najvažniji uređaj je elektroničko računalo koje

se odlikuje velikom brzinom i pouzdanošću rada, a periferiju sustava čine ulazne jedinice za unos podataka u računalo, izlazne jedinice pomoću kojih računalo predaje podatke i ulazno-izlazne jedinice preko kojih se odvija dvosmjerna komunikacija operatera s računalom [21].

2.2.1. Karakteristične ulazno-izlazne jedinice računalnih sustava

Ulazno-izlazne jedinice računalnih sustava konstrukcijske pripreme slične su jedinicama koje imaju i drugi sustavi za elektroničku obradu podataka. Takve jedinice su monitori, tipkovnice i izlazna tiskala. Međutim, računalni sustavi za dizajn odjeće, gradiranje krojeva i izradu krojnih slika imaju neke jedinice specifičnih namjena, poput uređaja za digitalizaciju, specijalne, mini tipkovnice, grafičke table, te uređaja za crtanje krojnih slika [21].

2.2.1.1. Grafički monitor

Tijekom dizajniranja odjeće, konstruiranja i modeliranja krojnih dijelova, te izrade krojnih slika na monitorima se prate rezultati interaktivnog rada. Monitor je tipična ulazno-izlazna računalna jedinica koja na svom zaslonu prikazuje podatke u oblicima koji su bliski i razumljivi čovjeku. Najčešći se prikaz sastoji od prikaza slova, odnosno teksta, crteža, izbornika, simbola i sl. Osnovni element slike na zaslonu monitora je zaslonska točka (eng. pixel) koja ima oblik



Sl. 2 LCD monitor

kruga promjera 0,1 do 0,5 mm ili je pravokutnik podjednakih dimenzija, te je po svojoj cijeloj površini jednake boje i svjetlosne jakosti. Kakvoća slike monitora najviše ovisi o broju zaslonskih točaka, odnosno rezoluciji, a predstavlja najveći broj zaslonskih točaka koje monitor može prikazati na zaslonu, a izražava se kao umnožak broja zaslonskih točaka u horizontalnom i vertikalnom smjeru, [14]. Rezolucija suvremenih grafičkih monitora na CAD sustavima konstrukcijske pripreme kreće se od 1280 x 1024 pa do 1920 x 1080. Monitore možemo podijeliti na CRT (Cathod Ray Tube) monitore, LED (Light Emiting Diode) monitore i najčešće korištene LCD (Liquid Crystal Display) monitore koji rade na principu promjene polarizacije svjetlosti pomoću tekućih kristala koji su pod određenim naponom, sl. 2. Takvi monitori imaju ravan, tanak ekran, pa zauzimaju vrlo malo prostora i troše vrlo malo električne energije.

Zajedničko obilježje svih suvremenih monitora je da na zaslonu mogu prikazati i do 16 milijuna različitih nijansi, što značajno smanjuje zamor ljudskih očiju, pri duljem interaktivnom radu, a i nužno je pri kreiranju odjeće i prikazivanju kreiranih odjevnih predmeta sa snimljenim uzorkom tkanine. Danas se na grafičkim monitorima osim uobičajenog 2D prikaza (prikaza u dvije dimenzije) koriste i 3D prikazi, odnosno trodimenzionalni prikazi modela odjevnih predmeta [24].

2.2.1.2. Uređaj za digitalizaciju – DigiPen

Postupak digitalizacije podrazumijeva prevođenje krojnog dijela kao nepravilnog geometrijskog oblika u digitalni zapis, prihvatljiv za pohranu u memoriju računala. Za taj proces razvijeni su uređaji koji koriste različite tehnologije unosa :

- DigiPen za unos krojeva pomoću digitalne olovke i prozirne folije
- ploča za digitalizaciju za unos točaka pomoću uređaja s pokazivačem
- digitalizacija digitalnim fotoaparatom i
- skeniranje krojeva s skenerima do 1,07 m širine

Digitalizacija pomoću digitalne olovke s optičkim senzorom (DigiPen) i specijalne prozirne folije odvija se tako da se kraj koji se digitalizira pozicionira ispod specijalne prozirne folije koja na sebi ima vrlo gust raster točaka koje olovci omogućuju snimiti točne pozicije koordinata točaka pritiskom vrha olovke na prozirnu foliju. Optički senzor ugrađen na vrhu olovke detektira koordinate točaka na konturi kroja i pohranjuje ih u memoriju. Po završetku digitalizacije, snimljeni podaci se putem posebnog postolja DigiPen-a, spojenog s računalom USB kablom, prenose u računalu pri čemu se automatski izvodi rekonstrukcija krojnih dijelova na zaslonu monitora, u računalnom programu konstrukcijske pripreme. USB postolje ujedno služi i kao punjač baterije [25]. Dijelovi DigiPena prikazani su na sl. 3.



1. Optički senzor
2. Procesor
3. Postolje s USB-om za prijenos podataka u računalu i punjač za bateriju olovke
4. Vrh olovke
5. Memorija
6. Baterija
7. Kapica olovke koja služi kao prekidač za paljenje i gašenje

Sl. 3 Uređaj za digitalizaciju – DigiPen

2.2.1.3. Tipkovnica

Tipkovnica je jedan od najčešćih i najstarijih ulaznih uređaja za unos teksta. Odlikuje se jednostavnom i jeftinom građom, lakim jednoznačnim unosom podataka i jednostavnom upotrebom. Tipkovnica se sastoji od označenih tipki koje su mehanički vezane za pripadajuće preklopke, a električni kontakt se ostvaruje pritiskom na tipku. Broj tipki tipkovnice kreće se od 40 pa do više od stotinu, ovisno o modelu i proizvođaču [24].

2.2.1.4. Grafička ploča i mini tipkovnica

Uz grafički monitor, na kojem se odvija većina interaktivnog rada na grafičkoj radnoj stanici za dizajn tekstila i odjeće, postoje i ergonomski oblikovana pomagala koja taj rad olakšavaju i ubrzavaju.

Grafička ploča služi za unos crteža u računalno, sl. 4. Sastoji se od radne plohe, najčešće dimenzija 30 x 30 cm i pokazne naprave u obliku miša ili olovke. Dio radne plohe osjetljiv je na pokaznu napravu i u stanju je registrirati njen položaj. Neposredno ispod površine ploče nalaze se dvije skupine, gusto poredanih međusobno okomitih vodiča koji čine mrežu koordinatnog sustava i služe za registraciju promjenjivog elektromagnetskog polja koje stvara pokazna naprava. Rezolucija pokazne naprave je znatno veća nego kod miša i kreće se od 200 do 2000 linija po inču. Za izradu prostoručnih crteža koristi se pokazna naprava u obliku olovke kojom se „crti“ po ploči, dok se potezi prikazuju na zaslonu monitora. Pokazna naprava u obliku miša koristi se obično za prenošenje tehničkih crteža s papira u računalno [24].



Sl. 4 Grafička ploča

Znatnu pomoć pri radu predstavljaju i posebno konstruirane mini tipkovnice specijalnih namjena koje mogu biti u sastavu grafičkih ploča ili odvojene od njih, a koje također olakšavaju i ubrzavaju rad pri dizajniranju, ali i izradi krojnih slika budući da se aktiviranjem pojedine tipke aktivira i posebna specijalizirana funkcija, te se na tak način pojednostavljuje rukovanje krojnim dijelovima. Tipkovnica se sastoji od 37 tipki koje se mogu međusobno kombinirati [21].

2.2.1.5. Skener

Skener služi za unos slika uzoraka tkanina odjevnih predmeta ili fotografija modela odjevnih predmeta, izravnim unosom, sl. 5. Slika koja se unosi u računalo se osvjetljava ugrađenim svjetlosnim izvorom, a potom se svjetlo, odbijeno od slike, pretvara u niz električnih impulsa koji su prepoznatljivi računalu. Slika se tako dijeli u točke, pri čemu je svaka točka predložena jakošću električne struje koja odgovara intenzitetu odbijenog svjetla. Opisani slijed očitavanja, u kojem se slika dijeli na niz točkica očitanih u vremenskom slijedu, zove se skeniranje. Rezolucija skenera određena je brojem točaka na jedinici površine koja se prenosi u računalo, a uobičajeno iznosi 100 do 1200 točaka po inču. Skeneri u boji načelo pretvorbe temelje na očitavanju svojstava triju temeljnih boja (crvene, plave i zelene). Dimenzije papira koji se skenira su najčešće A4, a rjeđe A3 formata [21].



Sl. 5 Skener

2.2.1.6. Pisač

Podaci trajnih vrijednosti, poput varijabilnih podataka glavnih točaka krojnih dijelova, vrijednosti koordinata karakterističnih točaka krojnih dijelova, uvjeta izrade krojnih slika i sl. Ispisuju se u obliku tablica na pisaću. Pisači se također koriste za iscrtavanje dizajniranih izradaka na papiru ili prozirnoj foliji. Pisače možemo podijeliti na laserske i ink jet (tintne) pisače. Najrasprostranjeniji su ink jet pisači koji koriste tintu kao izvor za ispis, sl. 6. Ink jet pisači su dobri i za tekst i za grafiku. Sporiji su od laserskih pisača i imaju manju preciznost ispisa, ali i povoljniju cijenu potrošnog materijala [21].



Sl. 6 Inkjet pisač

2.2.1.7. Uređaj za crtanje krojnih slika

Uređaj za crtanje namijenjen je ispisu crteža. U konstrukcijskoj pripremi koristi se za iscrtavanje krojnih slika u prirodnoj veličini, te pojedinih krojnih dijelova prilikom kontrole gradiranja. Moraju biti visoko precizni pa često imaju ugrađeno mikroračunalo s više mikroprocesora koji upravljaju njihovim radom i ugrađenom dovoljnom memorijom za pohranu cjelokupnog crteža [21].

Sva crtala temelje se na relativnom pomicanje pera za crtanje u odnosu na medij na kome se crta. Pomak u bilo kojem pravcu ostvaruje se kombinacijom dvaju neovisnih i međusobno okomitih pomaka, koji se označavaju kao x i y pravac. Pri izboru uređaja za crtanje posebnu pozornost treba obratiti na slijedeća svojstva. Format crtala je podatak koji nam govori u najvećim dimenzijama papira kojeg crtalo prihvaća, a izražava se u normiranim formatima papira (A0, A1, A2 i dr.). Brzina crtala je najveća moguća brzina pera pri crtanju i izražava se u centrimetrima u sekundi. Razlučivost crtala je podatak o najmanjem koraku koje pero može napraviti. Točnost crtala je podatak koji govori u pogrešci crtala pri crtanju zadane duljine, a izražava se u postocima. Ponovljivost crtala je sposobnost crtala da se pero vrati na točku na kojoj je već bilo, a izražava se kao pogreška pri vraćanju na početnu točku izražena u milimetrima. Suvremena crtala opremljena su s više pera, obično s osam koja mogu biti različite debljine i različite boje. Vrsta pera ovisi o mediju na kojem se izrađuje crtež, najčešće se upotrebljavaju pera s brzосуšećom bojom, flomasteri, pera s uljenom bojom, svjetlosna pera i dr. Crteži se najčešće izrađuju na papiru, čija vrsta ovisi o namjeni i kakvoći. S obzirom da je običan celulozni papir podložan utjecaju vlage i temperature iz okoline, za primjene kod kojih je važno zadržati dimenzije crteža koristi se poliesterska folija otporna na izobličenja [24].

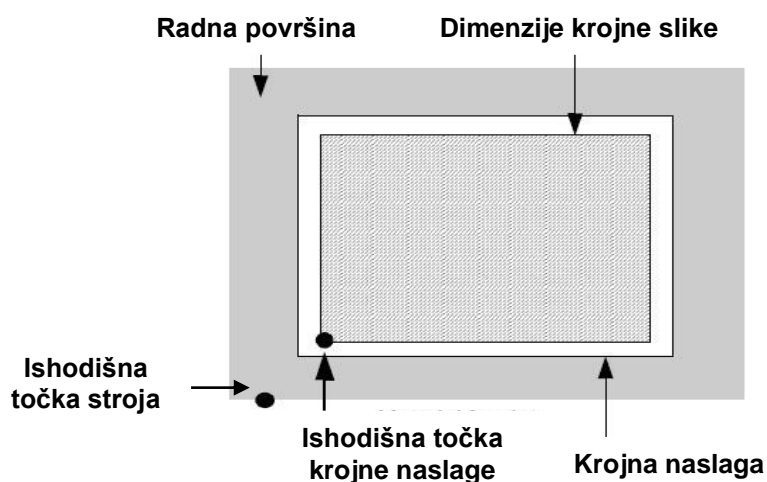


Sl. 7 Alys 30 – uređaj za iscrtavanje krojnih slika t.t. **Lectra Systems**

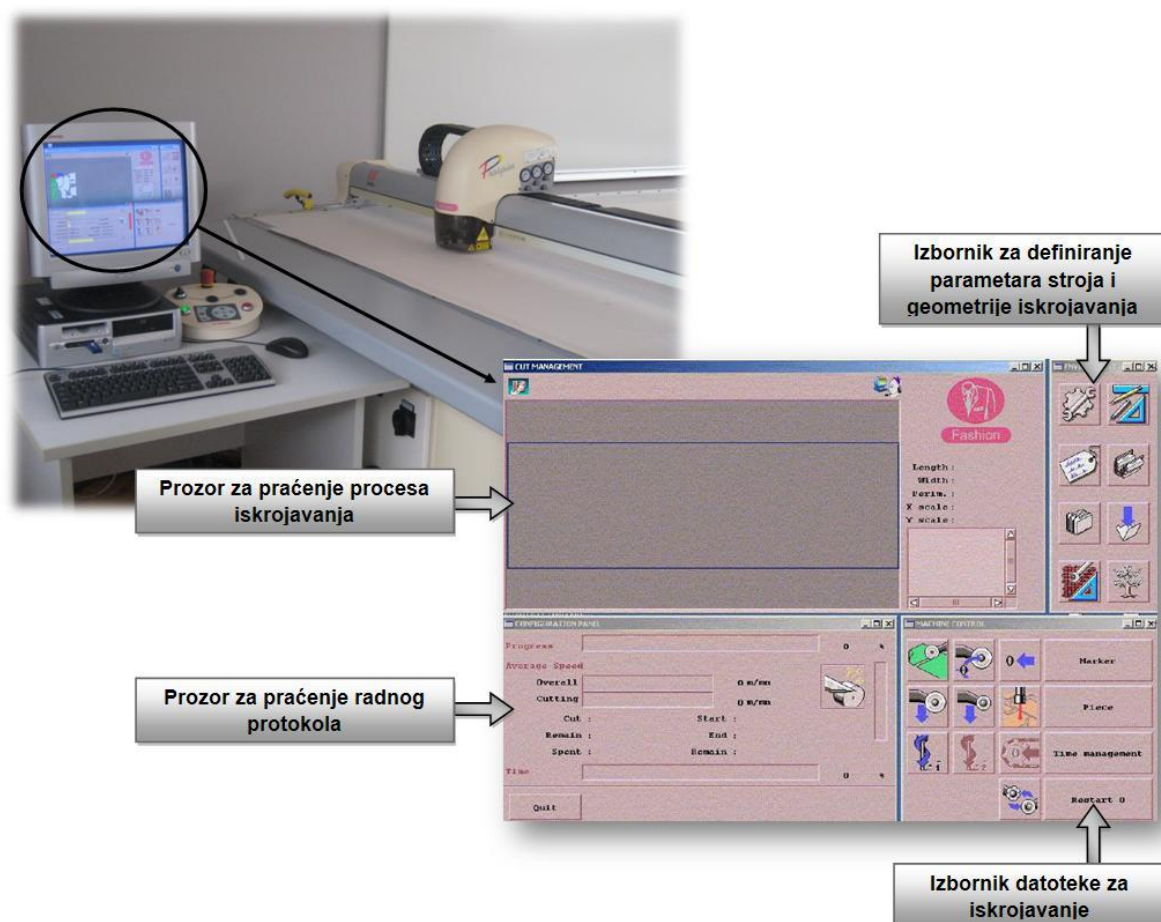
2.2.2. CNC agregat za iskrojavanje

ProSpin Fashion agregat za iskrojavanje namijenjen je za iskrojavanje jednog sloja materijala, pri čemu se mogu iskrojavati pojedinačni krojni dijelovi ili cijelovit krojne slike, te je kao takav prilagođen za izradu prototipova ili manjih serija odjevnih predmeta [26,27]. Agregat se sastoji od stola za polaganje krojne naslage s vakumskom podlogom koja sprečava klizanje krojne naslage i osigurava precizno iskrojavanje krojnih dijelova, dimenzija 1,83 x 4,5 m, pokretne glave s alatima za iskrojavanje, upravljačke konzole i računala s pripadajućim programskim paketom. Vakumska podloga je po duljini stola podijeljena na tri zone što omogućuje racionalizaciju rada stoja i uštedu energije. Pokretna glava s alatima sadrži dva kružna, oscilirajuća noža, veći za iskrojavanje vanjskih kontura i manji za izradu ureza na krojnim dijelovima, svrdlo za obilježavanje unutarnjih oznaka na krojnim dijelovima, olovku za obilježavanje oznaka ili iscrtavanje krojnih slika na papiru i lasersko svjetlo za detekciju dimenzija krojne slike, sl. 8.

Pripadajući prograski paket Prospin Pilot omogućuje upravljanje agregatom i definiranje parametara vezanih za rad stroja, te podatke o krojnim dijelovima i krojnoj slici, što omogućuje kvalitetno iskrojavanje u optimalnim proizvodnim uvjetima. Program omogućuje vizualizaciju procesa iskrojavanja na sučelju monitora, pri čemu su u svakom trenutku dostupni podaci o trenutnoj fazi procesa, sl. 9. Izbornik *Geometrija* omogućuje definiranje parametara krojnih dijelova koji se odnose na odabir alata za iskrojavanje kontura i oznaka na krojnim dijelovima, te na odabir oblika ureza. Dodatno je omogućeno definiranje parametara stroja poput brzine rezanja ovisno o vrsti materijala koji se iskrojava, brzine svjetla za detekciju dimenzija krojne slike, te predreza i proreza noža, relevantnih kod iskrojavanja uglova kontura na krojnim dijelovima [27].



Sl. 8 Detekcija dimenzija krojne slike



SI. 9 ProSpin Fashion agregat za iskrojanje s prikazom glavnog prozora pripadajućeg programa ProSpin Pilot t.t. **Lectra Systems**

2.2.3. Računalna mreža

Velika rasprostranjenost osobnih računala i njihova upotreba u poslovne svrhe stvorila je potrebu njihova međusobnog spajanja, s time da je osim spajanja računala potrebno međusobno spojiti i njihove priključne uređaje. Sustav za spajanje treba omogućiti što jednostavniji, djelotvorniji i jeftiniji način razmjene podataka među korisnicima, kao i upotrebu raspoloživih priključnih uređaja. Tako spojeni sustav, koji čini sklopovsku i programsku cjelinu naziva se mreža (eng.

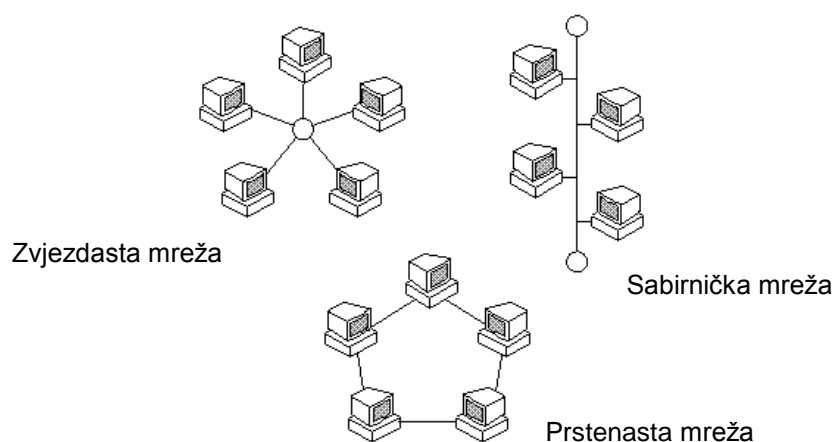


SI. 10 LAN – lokalna računalna mreža

Network), sl. 10. Spajanje informatičke opreme u mrežu zahtjeva dodatnu sklopovsku i programsku opremu, te splet spojnih vodiča.

Osnovni razlozi koji opravdavaju spajanje informatičke opreme u mrežu su jednostavan pristup podacima, gdje svaki od korisnika ima mogućnost sa svog računala pristupiti podacima, kao da su smješteni upravo na njegovom računalu, jednostavna i djelotvorna razmjena podataka među korisnicima, jednostavna upotreba raspoloživih resursa kao što su mediji za pohranu velike količine podataka, skupni izlazni uređaji i sl., te raspodijeljena obrada podataka na više računala, koja se ponašaju kao jedno veliko računalo što znatno unapređuje djelotvornost obrade u usporedbi s istim brojem neumreženih računala.

Pojam topologija mreže označava strukturu mreže u smislu rasporeda pojedinih sudionika komunikacije i načina njihovog spajanja, odnosno može se reći da je topologija mreže zemljovid mreže. Izbor najpogodnije topologije ovisi o mnogo čimbenika, od kojih su najvažniji broj, vrsta i raspored čvorova, odnosno sudionika komunikacije u mreži, brzina predaje i prijema podataka, propusnost mreže, dostupnost i cijena sklopova i programa potrebnih za pogon mreže, namjena mreže, način upravljanja mrežom i dr. Prema topologiji mreža može biti slobodna mreža kod koje je slanje podataka, zbog složenosti mreže i mnoštva mogućih puteva prilično sporo, pa je takva topologija neprikladna za lokalne mreže, zvjezdasta mreža kod koje je svaki čvor spojen sa zajedničkim središnjim čvorom kao upravljačkom jedinicom cijele mreže, prstenasta mreža kod koje su čvorovi spojeni u jedan zatvoreni prsten s tzv. distribuiranim upravljanjem, pri čemu ne postoji središnji čvor, o kome ovisi cijela mreža, već je upravljanje mrežom raspoređeno na više čvorova, povećavajući tako pouzdanost mreže i sabirnička mreža kod koje su svi čvorovi spojeni na zajednički prijenosni kanal koji se naziva sabirnica, sl. 11, [24].



Sl. 11 Topologija mreže

2.2.4. Pohranjivanje podataka u računalnim sustavima konstrukcijske pripreme

Elektroničko računalo ima sposobnost prihvaćanja potrebnih podataka iz različitih jedinica i medija, ograničenog i trajnog pohranjivanja podataka te izdavanja podataka različitim jedinicama i medijima. Vrijeme pristupa do podataka je jedno od važnijih svojstava sustava, određeno vremenom potrebnim za upis ili iščitavanje. Od ostalih svojstava važna je brzina rada, memorijski kapacitet, cijena po jedinici zapisane informacije, pouzdanost zapisa, osjetljivost pri upotrebi i sl. U računalnim sustavima konstrukcijske pripreme odjevne industrije koristili su se, ili se koriste, mehanički, elektronički, magnetski i optički načini pohranjivanja podataka [21].

Danas prevladavaju tri tehnologije za pohranu podataka na medije, magnetska (tvrdi diskovi), elektronička (USB memorija) i optička (CD-i i DVD-i).

2.2.4.1. Poluvodičke memorije

Poluvodička memorija je najznačajnija vrsta memorije u suvremenim elektroničkim računalima. Mikroračunalne memorije načelno se dijele na poluvodičke memorije vezane uz mikroračunalni sustav i vanjske memorije za pohranjivanje podataka, [14].

Tijekom razvoja mikroračunala razvijeno je nekoliko memorija označavanih prema akronimima engleskih riječi [21]:

- ROM – Read Only Memory – memorija iz koje se podaci mogu samo čitati
- PROM – Programmable ROM – ROM koji se može programirati upotrebom posebnog uređaja, PROM programera
- EPROM – Erasable PROM – izbrisiva programabilna ispisna memorija
- EEPROM – Electrically EPROM – električno izbrisiva programabilna ispisna memorija
- EARAM – Electrically Alterable ROM – električki izbrisiva promjenjiva ispisna memorija
- RAM – Random Access Memory – memorija nasumičnog pristupa
- SRAM – Static RAM – statički RAM
- DRAM – Dynamic RAM – dinamički RAM

2.2.4.2. Magnetski disk

Tvrđi disk (eng. Hard Disk) je sekundarna jedinica za pohranu podataka u računalima. Sastoji se od kružnih ploča u hermetičkom kućištu koje se vrte oko jedne osi uz pomoć elektromotora. Ploče su metalne ili staklene, presvučene tankim slojem magnetske tvari, a magnetske glave koje klize tik iznad magnetskog sloja pohranjuju ili čitaju podatke.

Magnetski disk svoje djelovanje temelji na fizičkim osnovama magnetskog polja. Pri upisu podataka koriste se svojstva magnetskih tvari koje pod utjecajem magnetskog polja postaju magnetizirane. Magnetski disk je okrugla ploča koja je napravljena od ne magnetskih materijala (npr. aluminijska) i presvučena vrlo tankim magnetskim slojem. Materijal magnetske presvlake je obično željezni oksid. Disk se okreće oko svojeg središta. Iznad diska je magnetska glava koja lebdi iznad površine magnetske ploče. Magnetska glava može se gibati radijalno iznad površine ploče. Podaci su na disku zapisani kao niz magnetskih čestica koje su smještene u koncentrične krugove na magnetskom disku.

Magnetska glava sastoji se od zavojnice koja je namotana na tvrdu feritnu jezgru. Pri upisu podataka kroz zavojnicu se pušta električna struja. Budući da je glava vrlo blizu magnetskog diska dolazi do magnetizacije magnetskog sloja diska. Promjenom struje u zavojnici mijenjaju se smjer i brzina okretanja, te se mijenja magnetsko polje i magnetiziraju se pojedine magnetske čestice. Pri čitanju podataka magnetizirana površina diska prolazi ispred glave i tako inducira električnu struju u zavojnici glave. Elektromagnetska indukcija je pojava induciranja ili stvaranja struje u vodiču koji se nalazi u promjenjivom magnetskom polju. Inducirana struja i njezin smjer ovise o jakosti magnetskog polja, njegovom smjeru, brzini promjene magnetskog polja ispred glave i udaljenosti glave od diska. Na temelju promjene inducirane električne struje moguće je čitati pohranjene podatke. Dobra svojstva magnetskog diska su veliki kapacitet, postojanost podataka i brzi pristup podacima. Negativna svojstva su osjetljivost na prljavštinu i elektromagnetska polja, te ograničenje maksimalne gustoće podataka [24].



Sl. 12 Hard disk

2.2.4.3. Optički disk

Od svih medija za pohranu optički diskovi imaju svojstvo najveće gustoće pohrane podataka tako da im je kapacitet pohranjivanja 20 puta veći od magnetskih diskova. Jedinica je pouzdanija od magnetskog diska jer je glava za upis i čitanje udaljenija od površine diska te ga ne može oštetiti. Trajnost pohranjenih podataka je velika i procjenjuje se na 20 godina. Postoji veći broj različitih verzija jedinica s optičkim diskovima, ali su za sustave računalnog konstruiranja odjeće najvažniji tzv. CD-ROM i WORM diskovi.



Sl. 13 CD-ROM disk

Kompaktni disk ili češće samo kraće CD (eng. Compact Disk) pripada u najraširenije vrste optičkih diskova, a isporučuju se s trajno upisanim podacima. Kapacitet im je veći od 500 MB. Promjer diskova je 12 cm, debljina 1,2 mm, a središnji otvor je promjera 15 mm. Vrijeme pristupa podacima je znatno veće (200 do 300 ms) nego kod magnetskih diskova (5 do 20

ms). Prednost im je veliki kapacitet, niska cijena, standardni format zapisa, a nedostatak je nemogućnost promjena sadržaja zapisa i upisa novih podataka [21].

2.2.4.4. USB flash stick

Flash memorija je nepostojana memorija računala koja se može električki izbrisati i reprogramirati. Ta se tehnologija prvenstveno koristi za memorijske kartice i USB memoriju za opću pohranu i prijenos podataka između računala i drugih digitalnih proizvoda. To je specifična vrsta EEPROM memorije (eng. Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) koja se briše i programira u velikim blokovima. Za razliku od nekih drugih tipova memorije (npr. SRAM, SDRAM, DDR i sl.), flash memorija ne treba biti pod stalnim naponom kako bi sačuvala podatke. Prednost takve memorije je niska potrošnja električne energije (potrebna samo za zapisivanje i brisanje), brzi pristup podacima i vrijeme čitanja kao i zapisivanja (zbog tehničkog ograničenja, čitanje podataka se uvijek odvija brže nego zapisivanje) i otpornost na udarce (nema pokretnih dijelova kao npr. hard disk) [28].



Sl. 14 USB flash stick

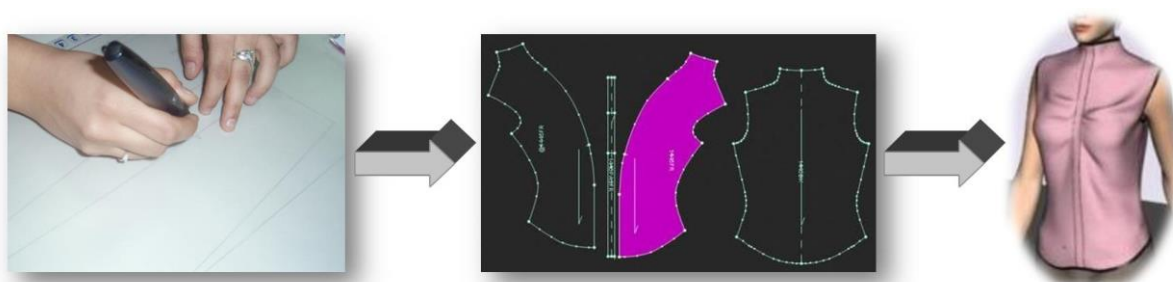
2.3. Programski paketi za CAD/CAM sustave u odjevnoj industriji

Primjena elektroničkih računala i složenih sustava kojima ona upravljaju u odjevnoj industriji toliko je uznapredovala da se takvi sustavi koriste od faze dizajniranja odjevnih predmeta pa sve do iskrojavanja krojnih naslaga.

Suvremenim proizvođačima tekstila i odjeće na raspolaganju su i konvencionalni CAD/CAM sustavi koji u sprezi s tehnologijom virtualne realnosti omogućuju vizualizaciju tekstila i odjeće na parametarskom modelu tijela koji se na jednostavan način može prilagoditi zadanim tjelesnim mjerama, te na taj način omogućuje učinkovito virtualno isprobavanje odjeće i višu razinu ocjene pristalosti odjevnih predmeta u odnosu na statičan 2D prikaz [14-17].

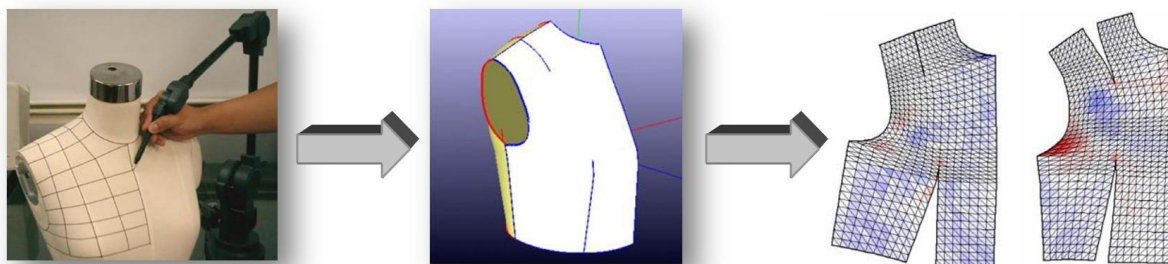
Razvijene metode i sustavi za računalnu virtualnu simulaciju tekstila i odjeće uglavnom se temelje na dva pristupa:

Prvi pristup se ogleda u razvoju više različitih metoda za računalno trodimenzionalno modeliranje odjeće u okvirima razvoja pojedinih CAD sustava, a koje se uglavnom temelje na prethodnom utvrđivanju fizikalno-mehaničkih svojstava materijala, dok se vizualizacija odjevnog predmeta postiže uvođenjem parametara pada tkanine na prethodno konstruirane dvodimenzionalne krojne dijelove, pri računalnoj simulaciji modela odjevnog predmeta na virtualnom modnom liku. Neke od razvijenih metoda omogućuju i animaciju računalnog modela s apliciranim realističnim sklopom koji simulira odjevni predmet pri čemu se parametri tkanine mogu mijenjati sa svrhom simulacije izgleda odjevnog predmeta izrađenog od materijala različite krutosti [29,30].



Sl. 15 Računalna 2D/3D konstrukcija

Drugi pristup ogleda se u iznalaženju rješenja za konstrukciju kroja odjevnog predmeta u virtualnom okruženju na računalnom modelu tijela. Metode i sustavi koji su razvijeni na tom principu uglavnom nude rješenja za kreiranje modela odjevnih predmeta koji će se izrađivati od elastičnih materijala, pripijenih uz tijelo. Pri tome, projektant odjeće kreira i ujedno konstruira trodimenzionalni model odjevnog predmeta na samoj površini virtualnog ljudskog tijela. Nakon računalnog oblikovanja površina koje simuliraju trodimenzionalne krojne dijelove i ovdje se na njih primjenjuju fizikalno-mehanička svojstva materijala te se obrnutim postupkom u odnosu na metode koje koriste prvi pristup, ostvaruje transformacija trodimenzionalnih u dvodimenzionalne krojne dijelove, sl. 16 [31,32].



Sl. 16 3D flattening – transformacija računalnog 3D modela odjevnog predmeta u 2D krojne dijelove

Više tvrtki razvilo je cjelovitu koncepciju primjene računalnih CAD/CAM sustava namjenjenih konstrukcijskoj pripremi i tehnološkom procesu krojenja odjeće.

Eksperimentalni dio ovog rada izveden je primjenom 2D/3D CAD sustava t.t. Optitex, koja je razvila programske pakete, kojima je pokriveno opsežno područje konstrukcije i modeliranja kroja odjevnog predmeta, računalna 3D simulacija modela, parametrizacija krojnih dijelova za prilagodbu prema zadanim mjerama te izrada krojnih slika [16]:

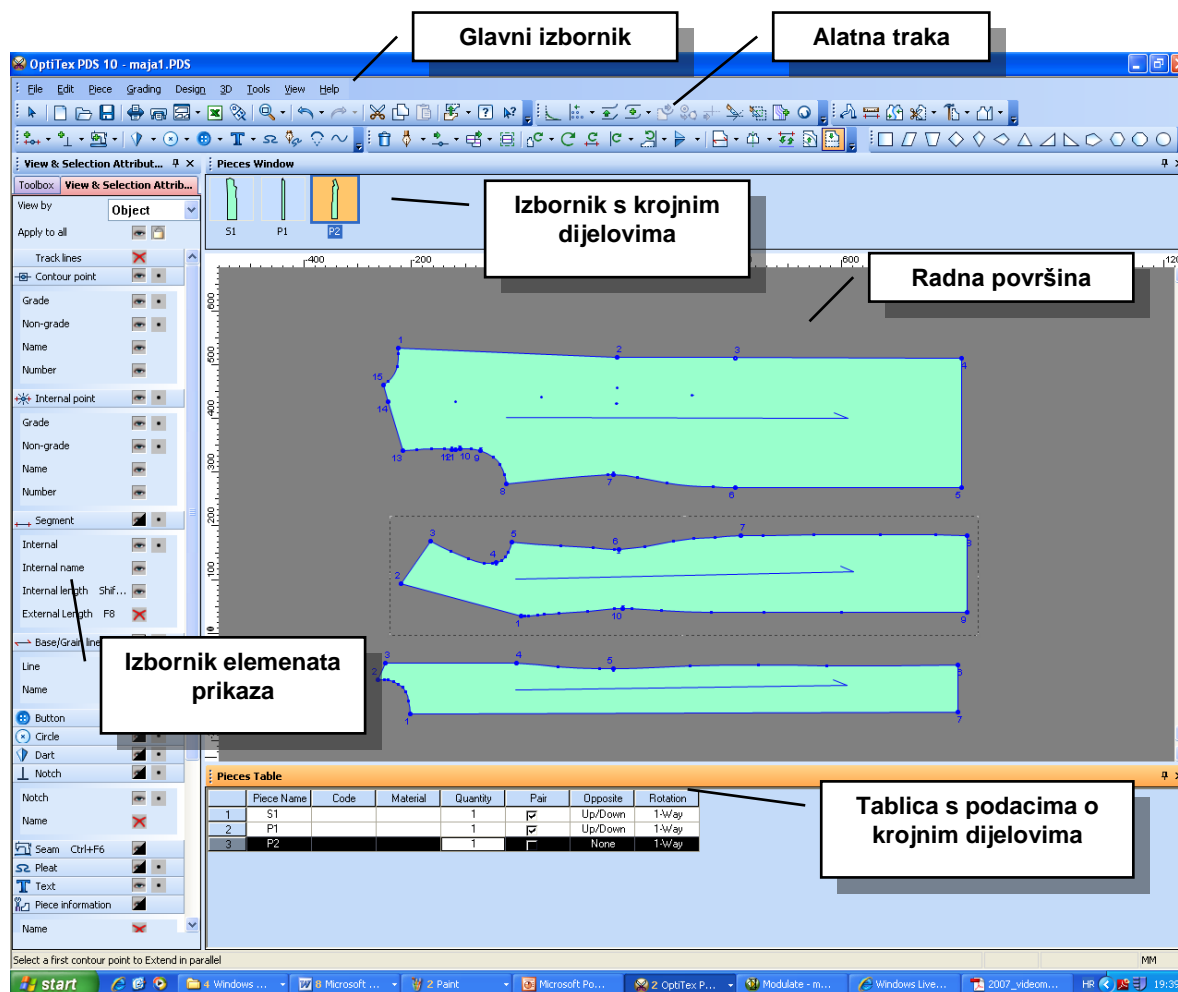
- **Pattern Design System (PDS)** – program za digitalizaciju, konstrukciju, modeliranje i gradiranje krojnih dijelova odjevnih predmeta,
- **3D Runway** – program za 3D simulaciju odjeće
- **Modulate** – program za prilagodbu krojnih dijelova po mjerama
- **Marker Maker** – program za izradu krojnih slika

2.3.1. PDS - Pattern Design System

2D CAD program PDS t.t. Optitex je program za digitalizaciju, konstrukciju, modeliranje, gradiranje, te pripremu krojeva za uklapanje u krojnu sliku. Program kao ulazne podatke koristi krojeve unesene postupkom digitalizacije, konvertirane i uvezene vektorske 2D krojeve iz nekog drugog CAD sustava, ali i nudi mogućnost konstrukcije kroja u programu od samog početka [16].

2.3.1.1. Izgled i postavke programa

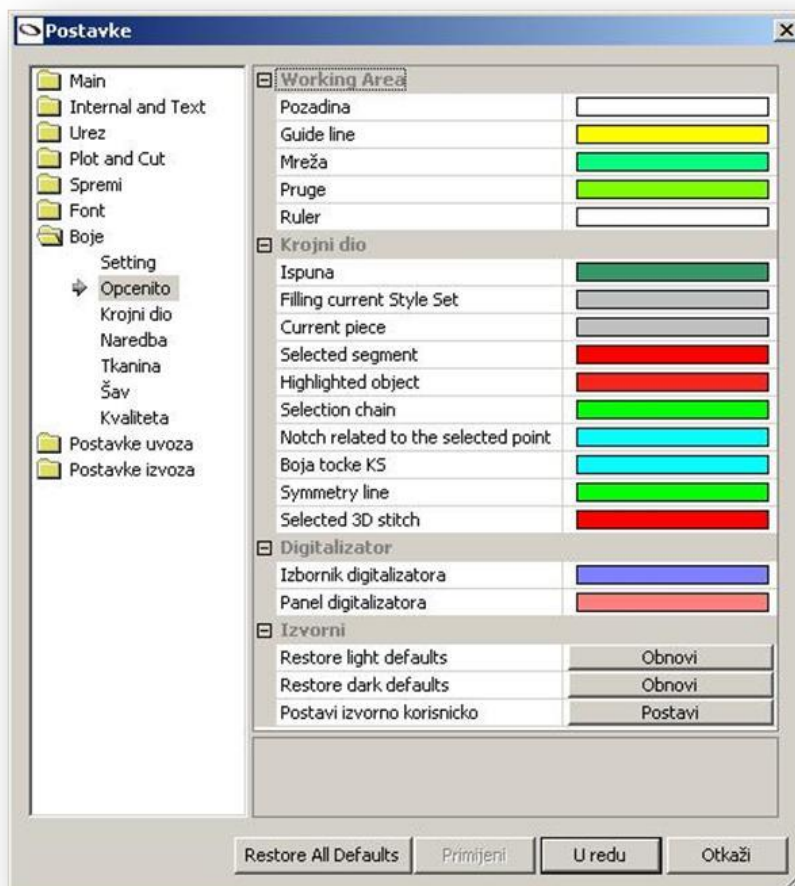
Na sl. 17 je prikazan glavni prozor programa PDS s digitaliziranim krojnim dijelovima.



Sl. 17 Prozor programa Pattern Design System – PDS s prikazom digitaliziranih krojnih dijelova

Pomoćne alatne trake i izbornici s funkcijama imaju svojstvo pokretljivosti, te se mogu pozicionirati na različite pozicije unutar sučelja programa što omogućuje korisniku kreiranje vlastitog radnog okruženja [33].

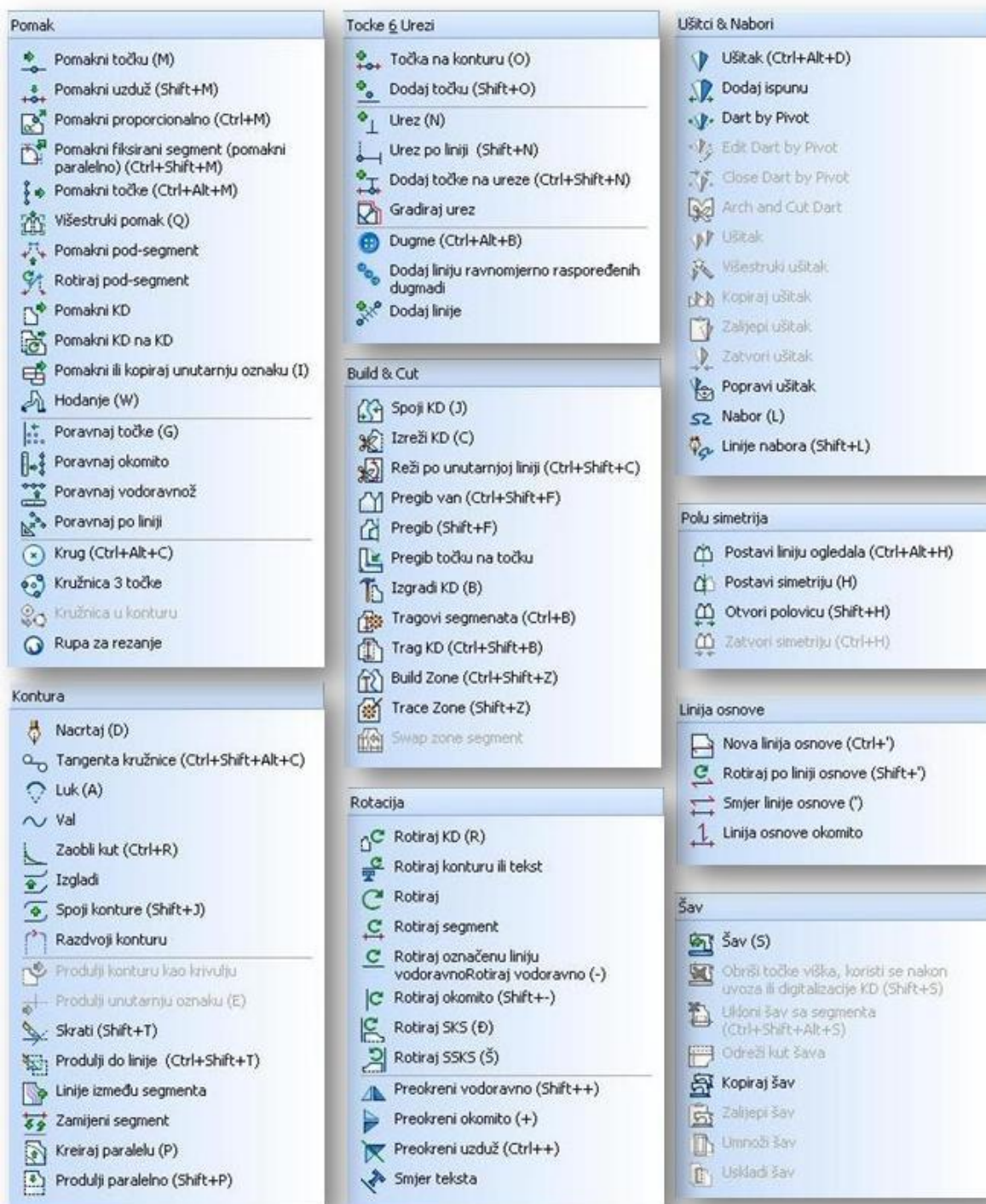
Izbornik *Postavke* omogućuje određivanje postavki programa koje se odnose na radne mjerne jedinice, elemente prikaza na radnoj površini, automatske radnje prilikom korištenja određenih alata za modeliranje, poput automatskog kreiranja šavnih dodataka na prerezanim krojnim dijelovima, boje radne površine i segmenata krojnih dijelova, te na postavke uvoza i izvoza podataka, sl. 18.

Sl. 18 Izbornik *Postavke*

Izbornik elemenata prikaza odnosi se na određivanje vidljivosti elemenata krojnih dijelova kao što su gradirne i krivuljne točke, unutarnje referentne linije, urezi, ušici, nabori, šavni dodaci, te opisni tekst i informacije o krojnim dijelovima, sl. 17 [33].

2.3.1.2. Konstrukcija i modeliranje krojnih dijelova

PDS nudi široki spektar sofisticiranih alata za konstrukciju i modeliranje krojnih dijelova koji su jednostavni za korištenje, a zadovoljavaju složene zahtjeve konstrukcijske pripreme u odjevnoj industriji [16]. Ikone i alati sustavno su organizirani u skupine prema funkcionalnosti koje se odnose na rad s točkama, linijama, ušicima, naborima, šavnim dodacima, rezanjima, izmjenama dimenzija, otvaranjem krojnih dijelova, te naprednim tehnikama mjerenja, sl. 19.



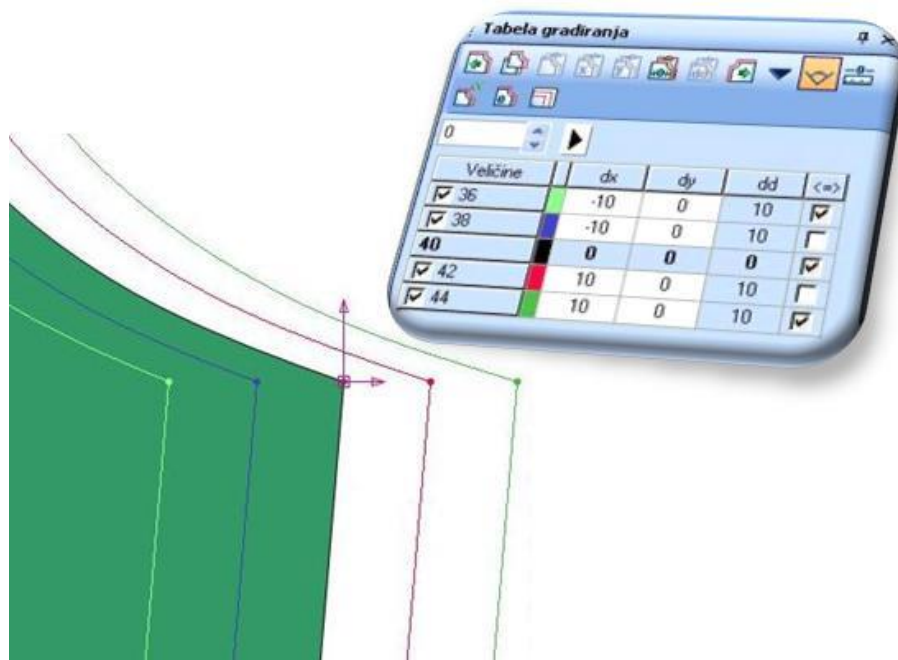
Sl. 19 Skupine alata za konstrukciju i modeliranje 2D krojnih dijelova

2.3.1.3. Gradiranje krojeva

Gradiranje (povećavanje i smanjivanje) krojeva odjeće je postupak izrade niza veličina potrebnih za serijsku proizvodnju odjeće. Povećavanjem i smanjivanjem izrađuju se krojni dijelovi u svim veličinama (po urastima i razvijenosti tijela) koje su potrebne za izradu odjevnog predmeta. Kao rezultat dobivaju se gradirni nizovi pojedinih krojnih dijelova koji služe kao osnova za izradu krojeva gradiranih veličina.

Gradiranje krojeva PDS programu izvodi se na temelju bazne veličine i razlike mjera, odnosno krojni dijelovi bazne veličine izrađuju se ručno ili u računalu, a ostale veličine se dobivaju mjerenjem odgovarajućih razlika mjera, koje ovise o odstupanjima u karakterističnim tjelesnim mjerama između susjednih veličina [34].

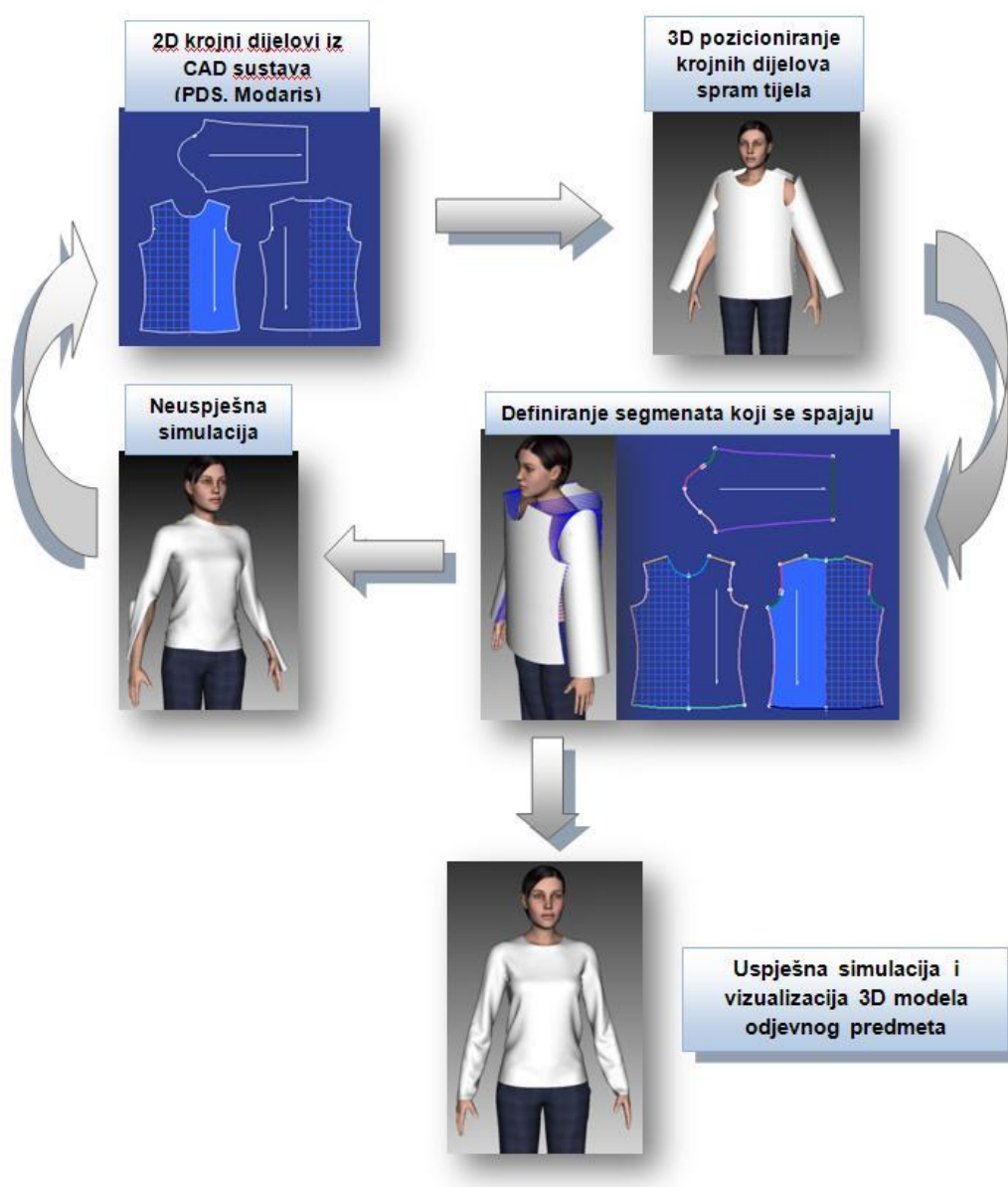
Postupak gradiranja započinje kreiranjem tablice veličina, a zatim se u glavnim točkama segmenata definiraju pravila gradiranja, odnosno pravci promjene položaja glavnih točaka tijekom gradiranja i vrijednosti pomaka svake glavne točke po x i y osi u odnosu na lokalni koordinatni sustav s ishodištem u glavnoj točki segmenta konture bazne odjevne veličine, sl. 20 [21]. Alatna traka *Gradiranje* sadrži alate koji ubrzavaju i pojednostavljaju postupak gradiranja, poput prijenosa pravila gradiranja iz jedne u drugu točku ili segmentiranog prijenosa varijabilnih podataka samo po x ili y osi [16].



SI. 20 Primjer gradiranja glavne točke s prikazom tablice varijabilnih podataka

2.3.2. 3D Runway - program za 3D simulaciju odjeće

Aplikacija 3D *Runway* omogućuje simulaciju spajanja 2D krojnih dijelova i realističan prikaz virtualne odjeće na parametarskom računalnom modelu ljudskog tijela [16]. Parametarski model tijela omogućuje interaktivnu prilagodbu tjelesnih mjera što korisniku omogućuje vizualizaciju odjevnog predmeta na modelu tijela bilo koje veličine i građe. Dodatno program nudi mogućnost unosa 3D modela tijela iz drugih komercijalnih programa za 3D modeliranje (3Ds Studio Max, Maya i dr.) ili unos računalnog modela tijela dobivenog postupkom 3D skeniranja. Program kao ulazne podatke koristi 2D krojne dijelove pripremljene u PDS-u ili konvertirane iz nekog drugog CAD sustava [33].

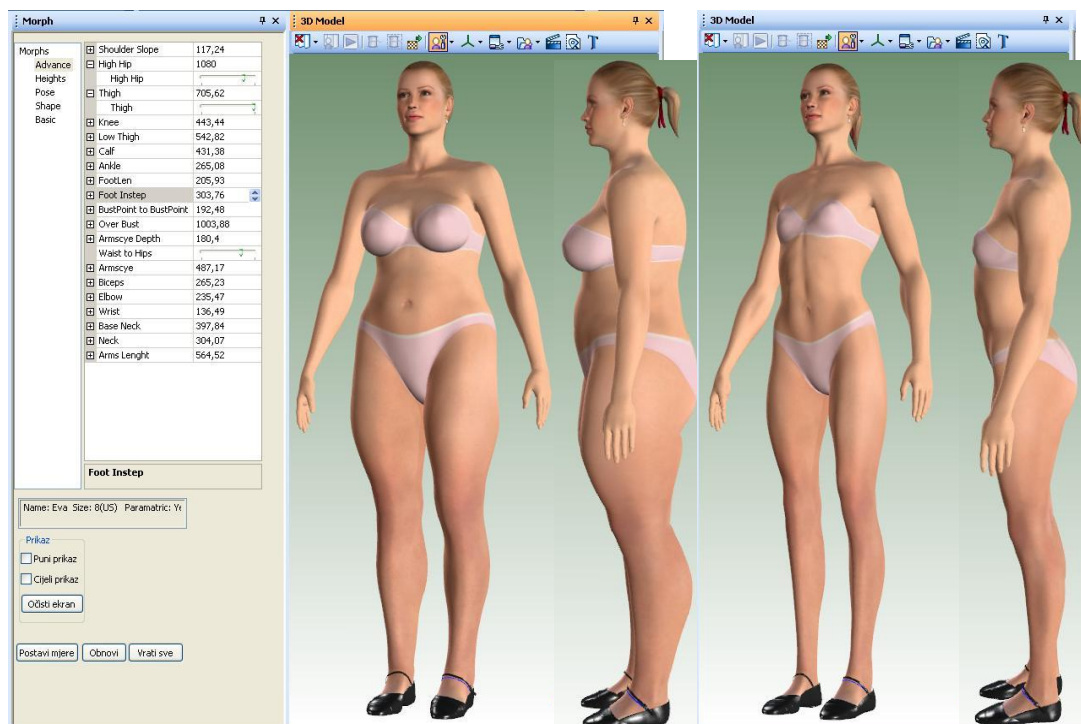


SI. 21 Shematski prikaz interaktivnog rada u 2D/3D CAD sustavu

Za simulaciju spajanja krojnih dijelova u 3D virtualni odjevni predmet potrebno je prostornim transformacijama translacije i rotacije pozicionirati krojne dijelove spram tijela, definirati segmente koji se spajaju i njihova svojstva, te definirati parametre mehaničkih svojstava tkanine odabirom materijala iz baze ili konvertiranjem parametara dobivenih ispitivanjem materijala na sustavima za objektivno vrednovanje tekstila i odjeće. Vrijeme trajanja izvođenja simulacije ovisi o zadanim parametrima i složenosti kroja odjavnog predmeta. Ovisno o uspješnosti konstrukcije i modeliranja kroja, te vizualizacije odjavnog predmeta, proces simulacije se ponavlja uz interaktivnu prilagodbu i transformiranje 2D krojnih dijelova u PDS sustavu, sl. 21 [35].

2.3.2.1. Računalni parametarski model tijela

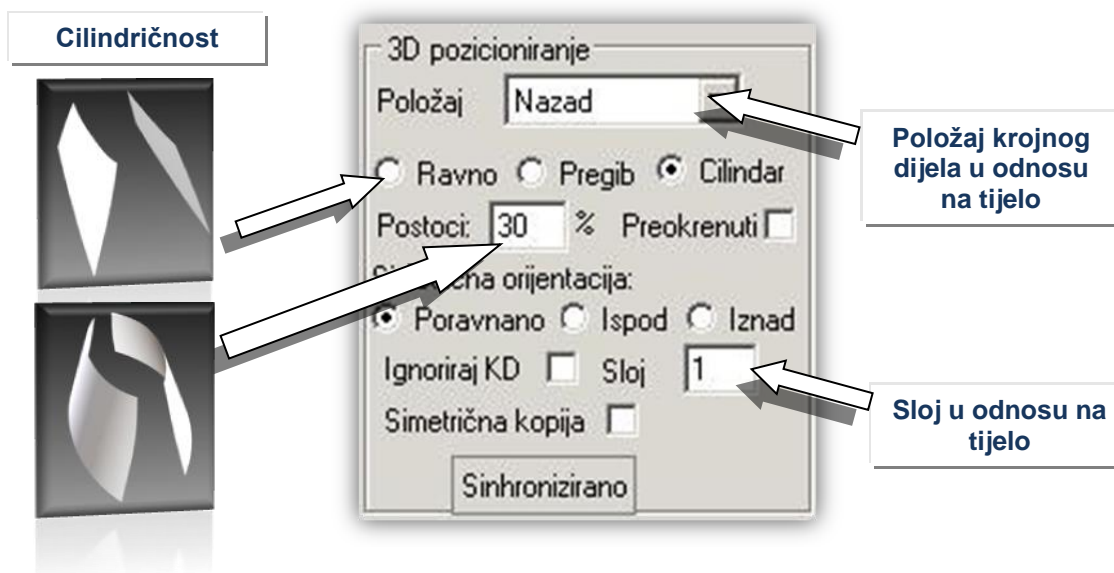
Većina postojećih računalnih programa namijenjenih 3D prikazu virtualne odjeće koristi kao podlogu parametarske modele ljudskog tijela s različitim brojem tjelesnih mjera, koje se mogu interaktivno mijenjati. Program *3D Runway* omogućuje rad s parametarskim modelom tijela, koji koristi četrdeset različitih tjelesnih mjera koje se mogu prilagođavati i međusobno kombinirati, sl. 22. U samom programu mjere su organizirane u sustavno organizirane skupine koje određuju osnovne mjere, izvedene mjere i mjere karakterističnih duljina. Dodatni alati omogućuju prilagođavanje držanja i položaja tijela [33].



Sl. 22 Parametarski modeli ženskog tijela različitih antropometrijskih karakteristika, *3D Runway*

2.3.2.2. Parametri krojnih dijelova i pozicioniranje

U prozoru 3D svojstava krojnih dijelova svakom krojnom dijelu potrebno je odrediti poziciju (naprijed, iza, lijevo, desno) u odnosu na tijelo modela gdje će se nalaziti prije pokretanja 3D simulacije. Dodatno je potrebno odrediti određeni postotni iznos za koji će se pojedini 2D krojni dio savinuti u cilindrični oblik. Postotak savijanja definira se u ovisnosti od dijela tijela oko kojeg se krojni dio treba savinuti u tijeku računalne simulacije. Na primjer za krojne dijelove kao što su ovratnik ili rukav potrebno je definirati veći postotak savijanja u odnosu na prednji ili stražnji dio odjevnog predmeta. Ukoliko se odjevni predmet sastoji od više slojeva, potrebno je definirati redoslijed slojeva u odnosu na tijelo modela, sl. 23 [33]. Nakon utvrđivanja parametara krojnih dijelova, oni se prostornim transformacijama translacije i rotacije interaktivno pozicioniraju spram tijela, odnosno postavljaju se u položaj što bliži konačnom, o čemu ovisi uspješnost simulacije [35].

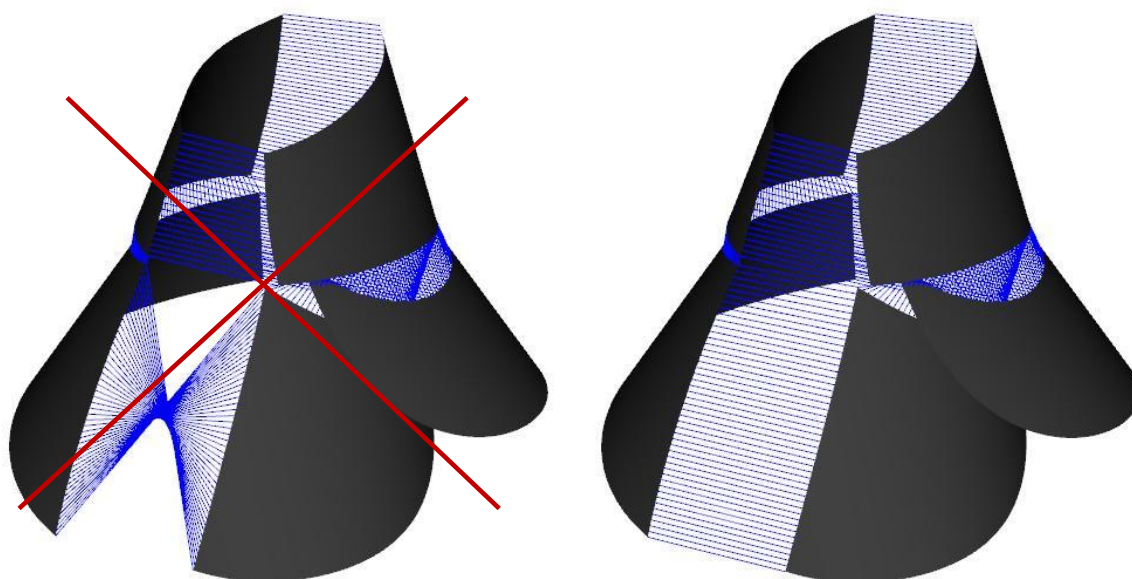


Sl. 23 Definiranje parametara oblika i pozicioniranja krojnih dijelova u odnosu na tijelo

2.3.2.3. Parametri segmenata koji se spajaju

Definiranje segmenata koji se spajaju izvodi se u programu PDS prilikom čega parovi segmenata koji će se spajati u toku simulacije poprimaju različite boje.

Nakon definiranja segmenata spajanja u PDS programu potrebno je iste provjeriti i potvrditi na prikazu 3D modela tijela. Linije koje na 3D prikazu povezuju odgovarajuće krojne dijelove i simuliraju šav trebaju biti paralelne i ne smiju se međusobno križati, sl. 24 [16].



Sl. 24 Verifikacija šavova na 3D prikazu

U pripadajućem izborniku Svojstva šava svakom paru segmenata koji se spajaju moguće je definirati određene parametre, sl. 25. Širina šava odnosi se na širinu površine koju će pokriti tekstura šava prilikom vizualizacije odjevnog predmeta. Parametar *Pomak* koristi se kod aplikacije točkastih šavova za simulaciju gumbića, a označava udaljenost za koju će gumb biti podignut u odnosu na stvarnu poziciju zadanog točkastog šava. Parametar *Granična sila* definira se kao masa u gramima koja djeluje u pravcu suprotnom od pravca pružanja tkanine, a koristi se kod simulacije elastičnih odjevnih predmeta poput kupaćih kostima kako bi se spriječilo povlačenje elastične tkanine prilikom simulacije. Parametar nazvan *Gustoća šava* je parametar koji osigurava duljinu šava prilikom simulacije, a u ovisnosti je o zadanim parametrima istezanja tkanine. Veća vrijednost

Sl. 25 Izbornik za definiranje parametara segmenata spajanja

gustoće šava označava veći otpor šava na istezanje. Ukoliko se gustoća šava posebno ne definira ona poprima veću vrijednost između istezanja tkanine po x ili y osi, odnosno po osnovi ili potki. Parametar *Skupljanje* koristi se kod simuliranja nabiranja ili nadržavanja segmenata, a označava postotak skupljanja duljine segmenta u odnosu na njegovu početnu duljinu [16,33]. Skupljanje segmenta je u ovisnosti o zadanom parametru gustoće šava što je posebno izraženo kod elastičnih materijala gdje će ako se prethodno ne definira veća vrijednost gustoće šava od istezanja tkanine efekt nabiranja izostati.

2.3.2.4. Parametri mehaničkih svojstava materijala

Kod simuliranja pada te nabiranja tekstilnih materijala, nužno je suočiti se s jedva uočljivim ali značajnim razlikama između pletiva i tkanina, koje nastaju djelovanjem vanjskih sila. Za izvedbu simulacije nabiranja potrebno je plošne tekstilije predstaviti pomoću mrežnih elemenata, nakon čega se podebljane točke postavljaju u kote mrežnih elemenata pri čemu se određuje njihova međusobna povezanost. Ovakva postavka daje prilično standardan model sustava povezanih dijelova kojeg se može obraditi u bilo kojem fizikalno utemeljenom sustavu modeliranja. Rezultati simulacije tkanina i pletiva pokazuju da posebnu pozornost treba obratiti pravilnom modeliranju sila napetosti, što je presudno za pravilnu daljnju simulaciju virtualne odjeće. Istraživači koji se bave modeliranjem i virtualizacijom tekstila i odjeće [36-38], najčešće navode sljedeće čimbenike koji utječu na pad, odnosno podatnost tekstilnih materijala: masa, debljina, smična krutost, krutost kod savijanja i svojstva histereze, sl. 26.

Parametri tkanine		
Savijanje	500	dyn*cm
Rastezanje X	1000	grf/cm
Rastezanje Y	500	grf/cm
Smik	300	dyn*cm
Skupljanje X	0	
Skupljanje Y	0	
Težina	180	gr/kv m
Rezolucija	0.5	
Trenje	0.01	
Debljina	0.05	
<input type="button" value="Izvorni"/>		
Lista tkanina		
Unknown Fabric Type		

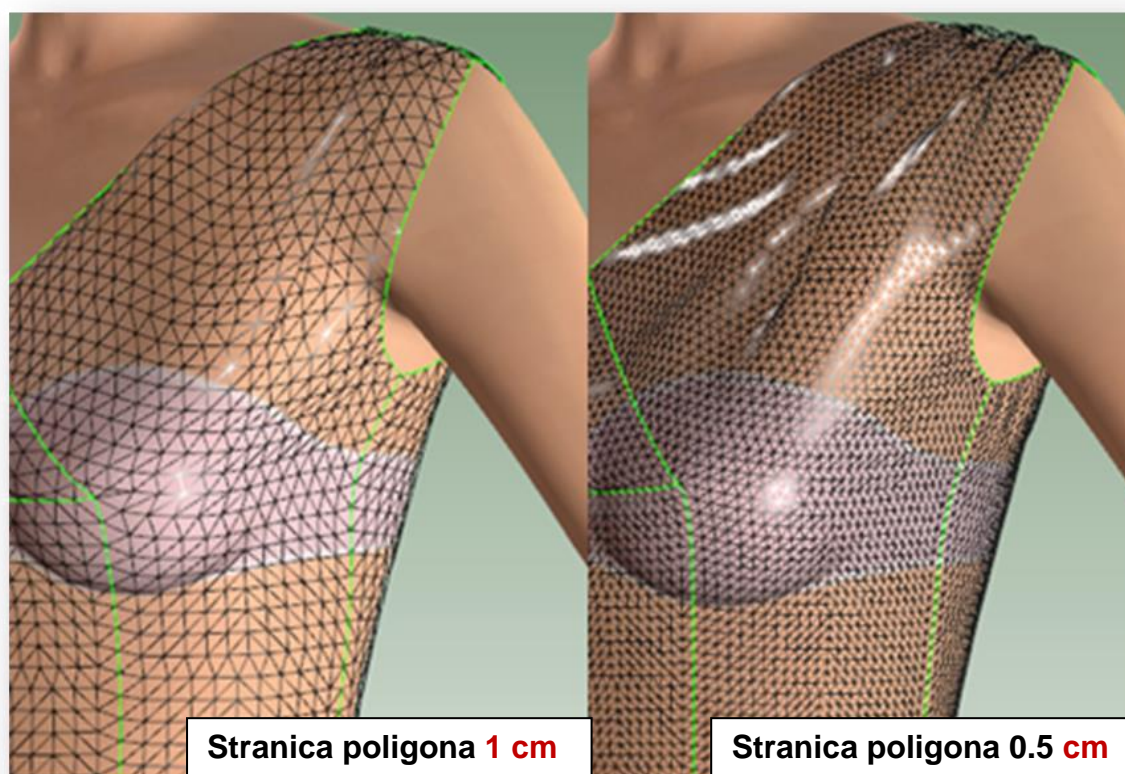
Sl. 26 Izbornik za definiranje parametara mehaničkih svojstava materijala

Kao ulazne podatke za definiranje mehaničkih svojstava materijala, sustav koristi parametre dobivene primjenom KES ili FAST sustava za objektivno vrednovanje tekstila i odjeće,

konvertirane u odgovarajuće mjerne jedinice. Dodatno je omogućen odabir materijala iz programske baze podataka [33].

2.3.2.5. Mreža poligona

S aspekta računalne grafike, krojni dijelovi su definirani kao mreže poligona određene gustoće, prilikom čega svaki poligon prestavlja masu tkanine, a međusobno su povezani i ponašaju se u skladu sa zadanim parametrima mehaničkih svojstava tkanine [39]. Program omogućuje prilagođavanje gustoće mreže, odnosno veličine poligona koja se definira u skladu sa željenim efektom simulacije, kao što je npr. nabiranje segmenta, sl. 27. Pri tome manje vrijednosti stranica poligona omogućuju postizanje boljeg efekta nabiranja. Međutim isto tako veća gustoća mreže utječe na sporije odvijanje procesa simulacije. Stoga se prema potrebi veća gustoća mreže definira samo za ciljane krojne dijelove [35].



Sl. 27 Prikaz mreža poligona različitih gustoća

2.3.2.6. Posebni efekti simulacije

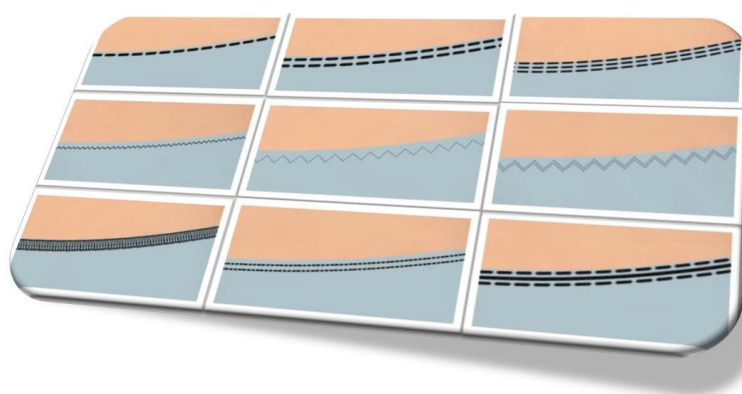
Dodatno program omogućava određivanje posebnih efekta simulacije poput tzv. efekta „napuhavanja“, sl. 28, koji se koristi kod simulacija odjevnih predmeta koji u sebi sadrže pojačanja za postizanje specifične forme poput krinolina.



Sl. 28 Efekt „napuhavanja“

2.3.2.7. Aplikacija boja i tekstura materijala i šavova

Aplikacija boja, tekstura i različitih detalja na površine krojnih dijelova omogućuje realističnu vizualizaciju modela odjevnog predmeta. Pri tome je potrebno s aspekta dizajna odjeće ocijeniti pristalost aplicirane boje ili teksture ovisno o dizajnu modela, konstituciji tijela, dobi osobe i njenim željama [40]. Kao ulazne podatke program koristi teksture i uzorke materijala izrađene u nekom CAD programu (PrimaVision, Photoshop, CorelDraw i dr.) ili dobivene skeniranjem realne tkanine. Dodatno je omogućeno definiranje sjaja i transparentnosti tkanine određenog intenziteta. Kod aplikacije teksture šavova, vrsta šava odabrana iz baze podataka se aplicira na prethodno definiranu širinu šava opisanu u poglavlju 3D Runway, točka 2.3.2.3., sl 29. Dodatno se parametar širine šava može iskoristiti kod aplikacije različitih trakica i paspula prilikom čega se na šav aplicira željena boja trakice i sjaj. Aplikacija dugmadi izvodi se definiranjem točkastog šava na poziciji dugmeta na kroju, a veličina dugmeta ovisi o veličini radijusa točkastog šava na koji će se aplicirati tekstura [33].



Sl. 29 Prikaz aplikacije različitih vrsta šavova

2.3.2.8. Ocjenjivanje pristalosti kroja na računalnom modelu tijela

Verifikacija pristalosti modela provodi se na temelju računalnog mjerenja vrijednosti razlika mjera u karakterističnim opsezima modela odjevnog predmeta i tijela. To se izvede presjecanjem modela poprečnim ravninama, pri čemu se istovremeno utvrđuju vrijednosti ciljanog opsega tijela i modela odjevnog predmeta. Na temelju utvrđenih razlika vrijednosti procjenjuje se komocija modela i ocjenjuje pristalost. Dodatno, program nudi mogućnost računalnog mjerenja udaljenosti modela odjevnog predmeta od tijela po zonama. Pri tome se ovisno o prethodno definiranoj vrijednosti željene udaljenosti modela od tijela, zone različitih udaljenosti vizualiziraju u određenoj skali boja [16,33,35].

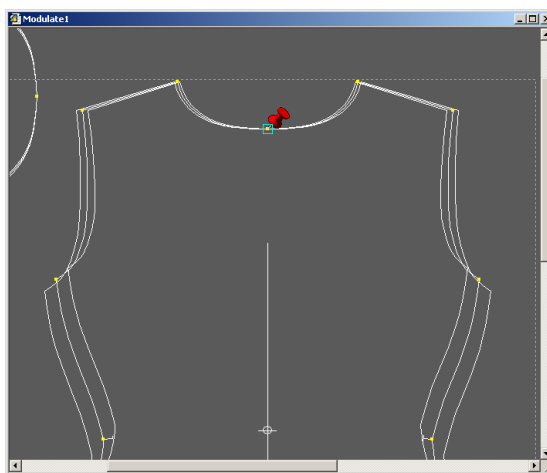
2.3.3. Modulate - program za prilagodbu krojnih dijelova po mjerama

Transformacije krojnih dijelova primjenom konvencionalnih 2D CAD sustava izvode se transformacijama pojedinih točaka segmenata kontura krojnih dijelova. Za te potrebe najpogodnijim se pokazala uporaba vektorske algebra, vektorskih transformacija, te uporaba matrica i matričnih transformacija, [13]. Pri tome, izvođenje transformacija jednog krojnog dijela nije u ovisnosti s drugim krojnim dijelom, te se stoga pri računalnoj obradi krojnih dijelova svaki krojni dio treba zasebno tretirati. Primjena inovativnog 2D/3D CAD sustava namijenjenog 2D/3D konstrukciji i simulaciji odjeće omogućuje izvođenje istovremenih modifikacija na više krojnih dijelova, što je najznačajnije za prilagodbu krojeva po mjerama, ali korisnik prethodno treba za to utvrditi razvojne korake kroz koje će se omogućiti postupno prevođenje krojnih dijelova iz vektorskog u parametarski oblik zapisa [22].

Program kao ulazne podatke koristi vektorske 2D krojne dijelove pripremljene u PDS-u ili nekom konvertirane iz nekog drugog CAD sustava.

2.3.3.1. Fiksne točke

Na svim krojnim dijelovima potrebno je odrediti pozicije fiksnih točaka, pomoću kojih će se krojni dio fiksirati u odabranim točkama. Pozicije fiksnih točaka mogu se postaviti u ishodišta gradiranja krojnih dijelova, sl. 30 [33].

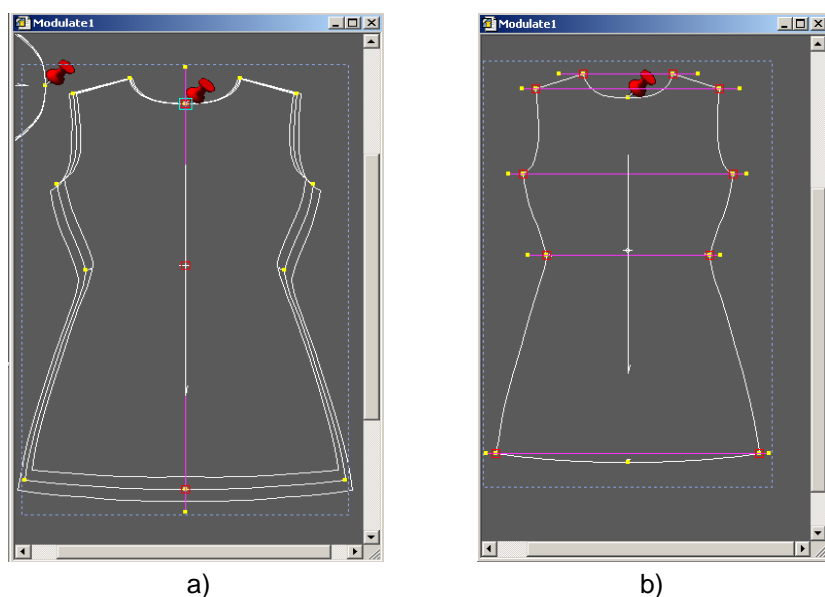


Sl. 30 Fiksna točka na krojnom dijelu, postavljena u ishodište gradiranja

2.3.3.2. Osi

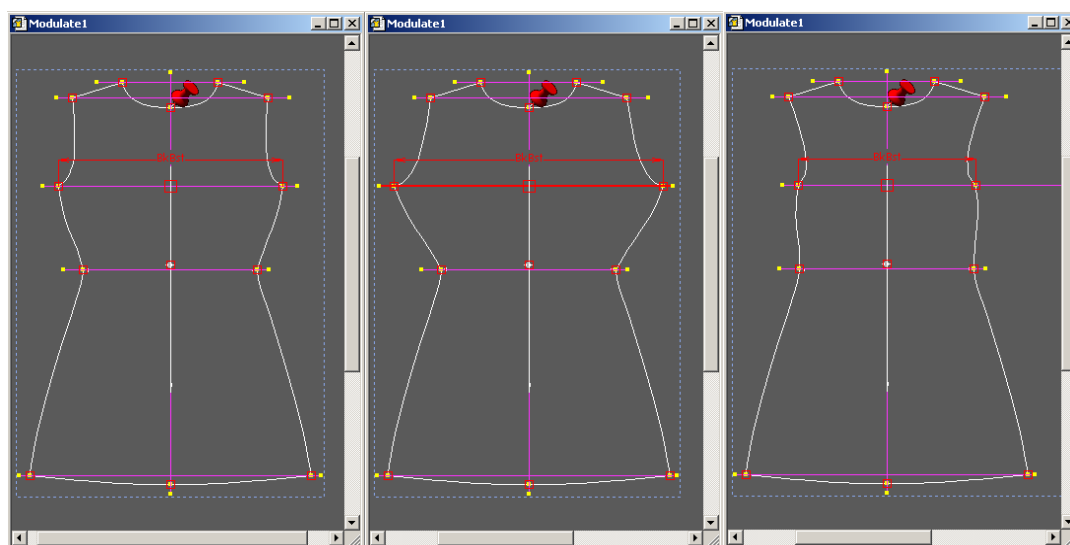
Također je na svim krojnim dijelovima potrebno odrediti okomite i vodoravne osi. Pri tome se na svaki krojni dio postavlja jedna okomita os kroz fiksnu točku, kao proporcionalna os u odnosu na koju će se u kasnijoj fazi izvoditi modifikacije širenja ili sužavanja krojnog dijela za određeni koeficijent proporcionalnosti. Ukoliko se radi o simetričnom krojnom dijelu, promjene mjera će se izvoditi simetrično u odnosu na os, sl. 31a.

Vodoravne osi se postavljaju na krojnim dijelovima na karakterističnim linijama kao što je na primjer linija opsega grudi, opsega struka, opsega bokova, na duljini kroja i sl. prema potrebi ovisno o kroju modela. Vodoravne osi vežu se za točke segmenta kroz koje prolaze. Na taj način u uzajamnu ovisnost se dovode vodoravne osi, točke kroz koje prolaze i segmenti točaka, sl. 31b.



SI. 31 Osi: a) vertikalna os postavljena kroz fiksnu točku na krojnom dijelu
b) horizontalne osi postavljene na karakterističnim opsezima

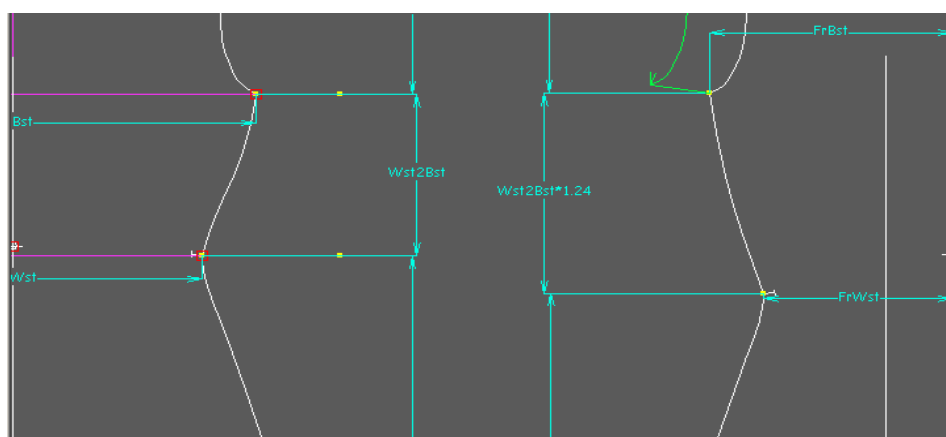
Nakon određivanja osi na krojnim dijelovima se definiraju okomite, vodoravne, dijagonalne i mjere na krivuljama. Vodoravne mjere se uobičajeno postavljaju između točaka kroz koje prolaze prethodno definirane vodoravne osi i povezuju s točkama. Promjena vrijednosti postavljene mjere utječe i na istovremene promjene vezanih segmenata krojnog dijela, sl. 32. Na sličan način postavljaju se i okomite i dijagonalne mjere, a mjere na krivuljama su najčešće u ovisnosti o prethodno postavljenim vodoravnim i okomitim mjerama. Na taj način je krojni dio preveden u parametarski oblik koji se može testirati interaktivnim pomicanjem segmenta koji je definiran određenom mjerom [33].



SI. 32 Promjena dimenzija krojnog dijela ovisno o promjeni vrijednosti postavljene mjere

2.3.3.3. Mjere

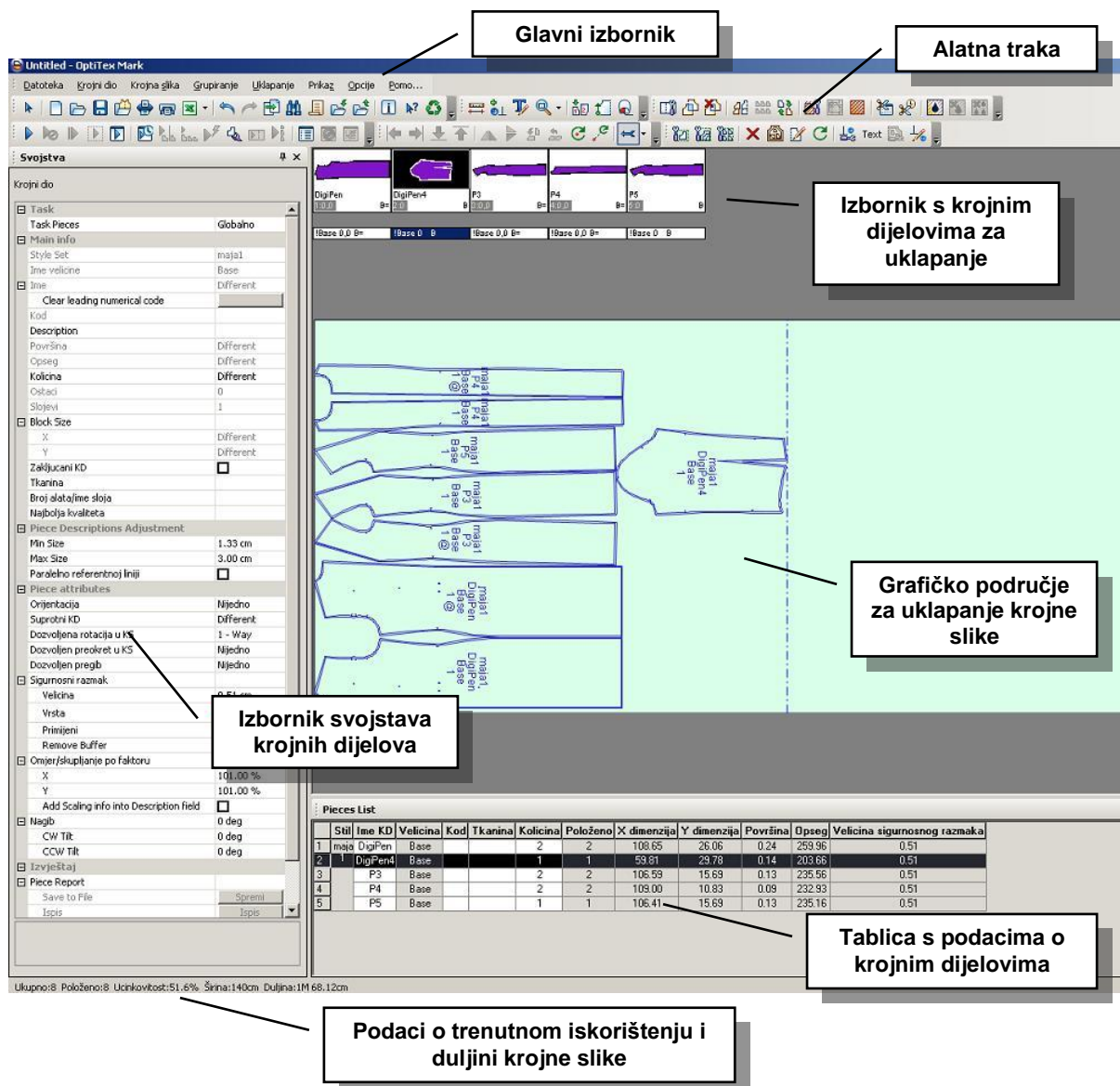
Postavljanje mjera na krojne dijelove je specifično za svaki odjevni predmet i u direktnoj ovisnosti o pravilima konvencionalne konstrukcije pojedinog odjavnog predmeta. Ovisno o kompleksnosti kroja, potrebno je definirati manji broj osi i mjera na jednostavnijim krojevima, a ukoliko se radi o složenijem odjevnom predmetu tada je i broj mjera znatno veći. Osi i mjere postavljaju se na polovini krojnih dijelova za koje je prethodno definirano da su u paru. Svako postavljenoj mjeri potrebno je odrediti ime, a pri tome se mjere kod kojih se žele postići istovremene jednake promjene vrijednosti, na različitim krojnim dijelovima, imenuju na isti način. Drugi način postavljanja veze između odabranih mjera na krojnim dijelovima može se postići utvrđivanjem matematičkog izraza pomoću kojeg će se izračunati odnos između mjera, sl. 33 [33].



Sl. 33 Veze postavljene u odnos utvrđenim matematičkim izrazom

2.3.4. Mark – program za izradu krojnih slika

Mark je programski paket namijenjen izradi krojnih slika na CAD/CAM sustavima u odjevnoj industriji. Programski paket omogućuje definiranje parametara krojne slike, definiranje parametara i mogućih ograničenja na krojnim dijelovima modela, za zadani materijal, grafički proces uklapanja krojne slike uzimajući u obzir zadana ograničenja i definirane karakteristike krojnih dijelova, interaktivno pozicioniranje krojnih dijelova na širinu materijala uz postizanje najboljeg mogućeg iskorištenja krojne slike, te aplikaciju automatskog uklapanja krojne slike [16,33]. Glavni prozor, koji koristi za pristup svim funkcijama i aplikacijama programskog paketa prikazan je na sl. 34.



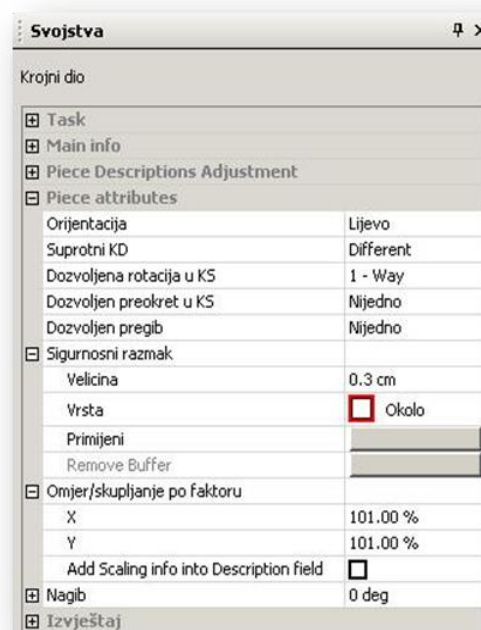
Sl. 34 Glavni prozor programskog paketa Mark

2.3.4.1. Parametri krojne slike

Prije same izrade krojne slike potrebno je definirati osnovne parametre poput naziva krojne slike, širine i duljine krojne slike, broja slojeva krojne naslage, te vrste materijala za koju će se izvesti uklapanje. Nakon definiranja osnovnih parametara pozivaju se modeli iz PDS programa, odnosno krojni dijelovi koji će se uklapati u krojnu sliku, te se određuju nizovi veličina modela, smjer polaganja krojnih dijelova i ako je potrebno broj ponavljanja određene veličine modela u krojnoj slici [16].

2.3.4.2. Svojstva krojnih dijelova

Svojstva krojnih dijelova, odnosno parametri uklapanja krojnih dijelova u krojnu sliku sustavno su organizirani u tri izbornika *Svojstva*, koji se odnose na pojedinačni krojni dio zadane veličine, cijeli niz veličina odabranog krojnog dijela ili na sve krojne dijelove uvedene u program prilikom definiranja krojne slike. Izbornici svojstava krojnih dijelova omogućuju definiranje parametara poput povećanja krojnih dijelova za definirani postotak i određenih ograničenja poput sigurnosnog razmaka koji će se aplicirati na odabrane krojne dijelove prilikom uklapanja, sl. 35.



Sl. 35 Izbornik svojstava krojnih dijelova

2.3.4.3. Grafički proces uklapanja krojne slike

Grafički proces uklapanja krojne slike odvija se s lijeva na desno interaktivnim prenošenjem krojnih dijelova iz gornjeg izbornika na za to predviđeno grafičko područje. Pri uklapanju krojne slike na zaslonu monitora se u svakom trenutku mogu očitati podaci o duljini i trenutnom iskorištenju krojne slike, te broju položenih i preostalih krojnih dijelova, sl. 34. Osim prethodno opisanog interaktivnog uklapanja krojne slike, program nudi mogućnost automatskog uklapanja krojne slike prema definiranom matematičkom logaritmu o čijoj složenosti ovisi vrijeme potrebno za automatsko uklapanje [33]. Nakon grafičkog procesa, pohranjeni podaci o krojnim slikama služe za automatsko crtanje na uređaju za crtanje u sklopu CAD/CAM sustava ili se primjenjuju za numeričko vođenje agregata za iskrojavanje krojne naslage.

2.4. Mjerni sustavi za objektivno vrednovanje tekstila i odjeće

Razvoj tehnologije objektivnog mjerenja mehaničkih svojstava tkanine za odjeću datira u 1920. i 1930. godine kada je F.T. Pierce postavio temeljnu teoriju mehanike tekstila i s time započeo tekstilnu metrologiju. Značajan korak na području proučavanja i prognoziranja parametara kvalitete u procesu izrade odjeće napravio je i J. Lindberg koji je intenzivno proučavao mehaničko ponašanje tkanina u odnosu na bazna mehanička svojstva tkanina kod izrade i postizanja izgleda izrađene odjeće. J. Lindberg definirao je i dodatna svojstva kao što su kompresibilnost i sposobnost oblikovanja.

Tehnologija objektivnog mjerenja je svoju širu praktičnu uporabu u tekstilnoj i odjevnoj industriji dobila razvojem mjernog sustava s osjetljivim mjernim uređajima za mjerenje mehaničkih svojstava pri malim opterećenjima, nazvanog KES sistem (Kawabata Evaluation System) kojeg je 80-ih godina prošlog stoljeća razvio prof. Kawabata. KES-FB mjerni sustav je precizan, efektivan i relativno složen, računalno podržan mjerni sustav, zasnovan na tehnologiji objektivnog mjerenja mehaničkih i fizikalnih svojstava tkanina koji je 1991. Godine dobio svoju automatsku inačicu KES-FB AUTO sustav.

CSIRO Division of Wool Technology iz Australije je s namjerom da osigura tekstilnoj i odjevnoj industriji jednostavan i za uporabu prilagođen sustav, koji će služiti za nadzor mehaničkih svojstava tkanina ili kontrolu procesa izrade odjeće, razvio mnogo jednostavniji i jeftiniji mjerni sustav FAST (Fabric Assurance by Simple Testing) koji osim vrednovanja mehaničkih svojstava tkanina uključuje i metodu za mjerenje dimenzijske stabilnosti tkanina.

2002. godine je na području tehnologije objektivnog mjerenja mehaničkih i fizikalnih svojstava tkanina postojeća ponuda nadopunjena novim high-tech automatskim sustavom za mjerenje strukturnih mehaničkih svojstava tkanina nazvanog FAMOUS (Fabric Automatic Measurement Optimisation Universal System), a kojeg je razvio G.K. Stylios.

Osnovni koncept razvoja sistema za objektivno vrednovanje opipa bio je zamijeniti uporabno subjektivno vrednovanje opipa tkanine, odnosno osjetne percepcije opipa tkanine s ruke ili prstiju, s objektivnim metodama mjerenja mehaničkih svojstava i izraziti ih pomoću mehaničkih parametara. Mehanička svojstva su podijeljena s obzirom na osnovne deformacije tkanina i aplikaciju sustava za oblikovanje i kontrolu opipa tkanine. Kako mehanička svojstva u rasponu manjih naprezanja pokazuju svojstvo nelinearnosti, potrebno je svojstva egzaktno izmjeriti i izraziti pomoću parametara [18].

2.4.1. KES mjerni sustav

KES–FB (Kawabata Evaluation System) je mjerni sustav za objektivno vrednovanje mehaničkih i fizikalnih svojstava tekstila kod malih opterećenja. Sastoji se od 4 mjerne naprave zasnovane na vrednovanju 16 različitih, za opip značajnih parametara mehaničkih i fizikalnih svojstava tkanina svrstanih u 6 sklopova, tab. 1 [18].

Tab. 1 KES mjerni sustav – pregled mjernih naprava, mjerenih svojstava i karakterističnih parametara

Oznaka mjernog uređaja	Mjereno svojstvo	Karakteristični parametri
KES-FB1	Vlačna svojstva	WT, RT, LT
	Smična svojstva	G, 2HG, 2HG5
KES-FB2	Savojna svojstva	B, 2HB
KES-FB3	Kompresijska svojstva	WC, RC, LC
KES-FB4	Površinska svojstva	MIU, MMD, SMD

2.4.1.1. Vlačna svojstva

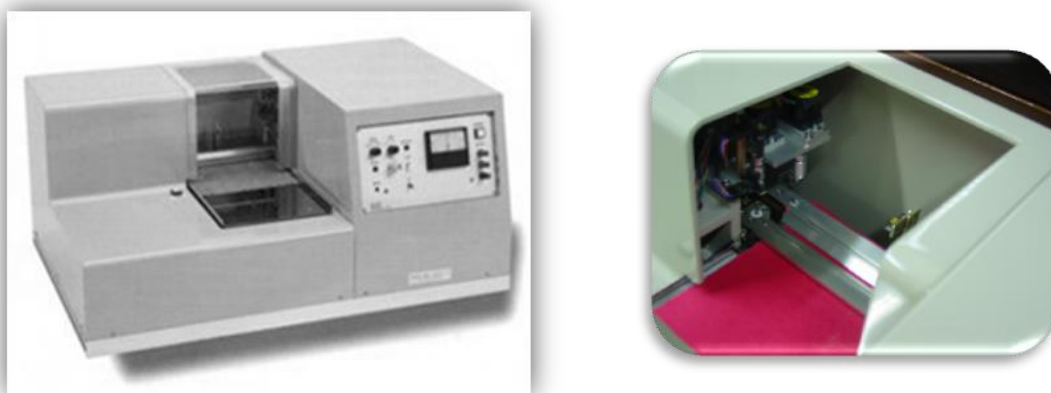
Određivanje vlačnih svojstava primjenom KES-FB1 mjernog uređaja temelji se na proučavanju vlačne deformacije uzorka pri konstantnoj brzini istezanja. Uzorak dimenzija 200x200 mm fiksira se između dvije stezaljke u razmaku od 50 mm i izloži vlačnom opterećenju od 490,35 cN, odnosno 5 gf po jedinici širine od 1 cm, sl. 36. Vlačno opterećenje i rasterećenje uzorka prikazuje se histereznom krivuljom $F(\epsilon)$, na temelju koje se dobivaju značajni parametri vlačnih svojstava kao što su deformacijski rad (WT), linearnost krivulje $F(\epsilon)$ (LT), sposobnost relaksacije (RT) i maksimalno produljenje ϵ_m pri opterećenju od 490,35 cN/cm [18].



Sl. 36 KES-FB1 AUTO mjerni uređaj za vlačna i smična svojstva

2.4.1.2. Savojna svojstva

Određivanje savojnih svojstava primjenom KES-FB2 mjernog uređaja temelji se na promatranju savojne deformacije materijala kod „čistog savijanja“. Uzorak efektivne dimenzije 200x10 mm savija se po kružnici kontantnom vrijednošću promjene zakrivljenosti 0,50 ($\text{cm}^{-1}\text{s}^{-1}$), sl. 37. Određivanje savitljivost zasniva se na mjerenju momenta savijanja u ovisnosti o zakrivljenosti, odnosno radijusu savijanja. Grafički prikaz savojne deformacije, odnosno savojnog opterećenja i rasterećenja materijala prikazuje se histereznom krivuljom M (K). Karakteristični parametri koji karakteriziraju ponašanje tekstilnih plošnih proizvoda kod savijanja su krutost savijanja na jedinicu dužine (B) i moment savojne histereze (2HB) [18].



Sl. 37 KES-FB2 AUTO mjerni uređaj za savojna svojstva

2.4.1.3. Smična svojstva

Određivanje smičnih svojstava pomoću KES-FB1 mjerne naprave temelji se na proćavanju smične deformacije uzorka dimenzija 200x50 mm koji je u uzdužnom smjeru fiksiran između fiksne i pomične stezaljke i izložen konstantnom vlačnom opterećenju od 9,807 cN/cm uzduž smjera ortogonalno na smično opterećenje, F. Grafički prikaz smičnog opterećenja i rasterećenja uzorka dan je histereznom krivuljom na temelju koje su određeni karakteristični parametri smičnog ponašanja plošnih tvorevina, smična krutost G, histereza smične sile 2HG pri smičnom kutu od 0,5° i histereza smične sile 2HG5 pri smičnom kutu od 5,0° [18].

2.4.1.4. Kompresijska svojstva

Određivanje kompresijskih svojstava pomoću KES-FB3 mjernog uređaja temelji se na proućavanju uzorka koji je u području efektivne površine od 2 cm^2 izložen kompresijskom

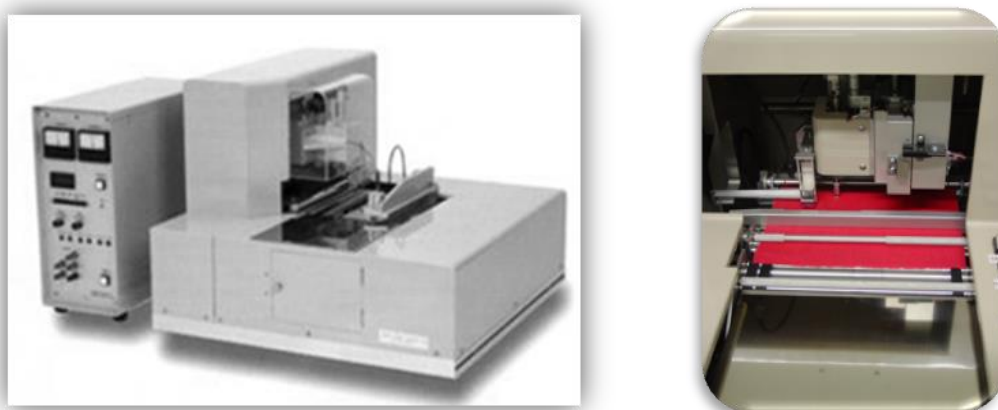
opterećenju koje djeluje pravokutno na uzorak, sl. 38. Brzina opterećenja je konstantna i iznosi $20 \mu\text{ms}^{-1}$. Kad se postigne opterećenje od $49,035 \text{ cNcm}^{-2}$, uređaj mjeri i reverzibilan process pri jednakoj brzini. Značajni parametric kompresijskih svojstava su deformacijski rad WC, linearnost krivulje $F_k(h)$ LC i sposobnost relaksacije RC [18].



Sl. 38 KES-FB3 AUTO mjerni uređaj za kompresijska svojstva

2.4.1.5. Površinska svojstva

Određivanje površinskih svojstava tekstilija kao fizikalnog svojstva pomoću KES-FB4 mjernog uređaja temelji se na određivanju 3 parametra površinske strukture plošnih tekstilija, a to su površinsko trenje MIU, prosječna vrijednost apsolutnog otklona koeficijenta trenja MMD, i geometrijska hrapavost SMD. Mjerenje se provodi na uzorku fiksiranom između dvije stezaljke pri opterećenju od $19,62 \text{ cN/cm}$ i giba se po glatkoj ploči u razmaku od 20 mm konstantnom brzinom od $0,1 \text{ cms}^{-1}$, sl. 39 [18].



Sl. 39 KES-FB4 AUTO mjerni uređaj za površinska svojstva

2.4.2. FAST mjerni sustav

FAST (*Fabric Assurance by Simple Testing*) je mjerni sustav kojeg je razvila australska tvrtka CSIRO Division of Wool Technology, 1983. godine. Sustav je oblikovan za potrebe mjerenja mehaničkih svojstava u proizvodnji tkanina kod oplemenjivanja i za kontrolu procesa izrade odjeće. Mjerni sustav se temelji na tehnologiji objektivnog vrednovanja mehaničkih svojstava kod manjih opterećenja kao i dimenzijske stabilnosti kao fizikalnog svojstva, a sastoji se od tri mjerna uređaja i tri metode ispitivanja, tab. 2 [18].

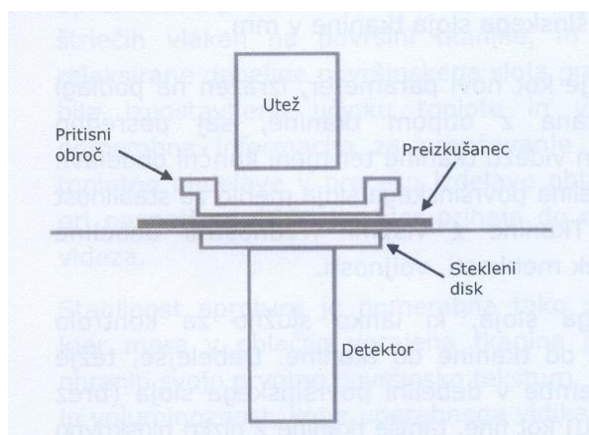
Tab. 2 FAST mjerni sustav – pregled mjernih naprava, mjerenih svojstava i karakterističnih parametara

Oznaka mjernog uređaja	Mjereno svojstvo	Karakteristični parametri
FAST-1	Kompresijska svojstva	h_0, h_1, h_s, h_{SR}
FAST-2	Savijanje	c, B
FAST-3	Istezanje	$\epsilon_5, \epsilon_{20}, \epsilon_{100}, \epsilon_{B5}$
	Smik	G
FAST-2 + FAST-3	Sposobnost oblikovanja	F
FAST-4 (testna metoda)	Dimenzijska stabilnost	RS, HE

Pojedini mjerni uređaji povezani su s mjernim sustavom pomoću ugrađenih pretvornika i jedinica za integriranje što korištenjem odgovarajuće programske opreme omogućava vrednovanje parametara mehaničkih i fizikalnih svojstava materijala.

2.4.2.1. Kompresijska svojstva

Kompresijska svojstva određuju se na osnovu kompresijske deformacije tkanine, a ona se očituje u procjeni debljine tkanine tj. njezinog površinskog sloja.

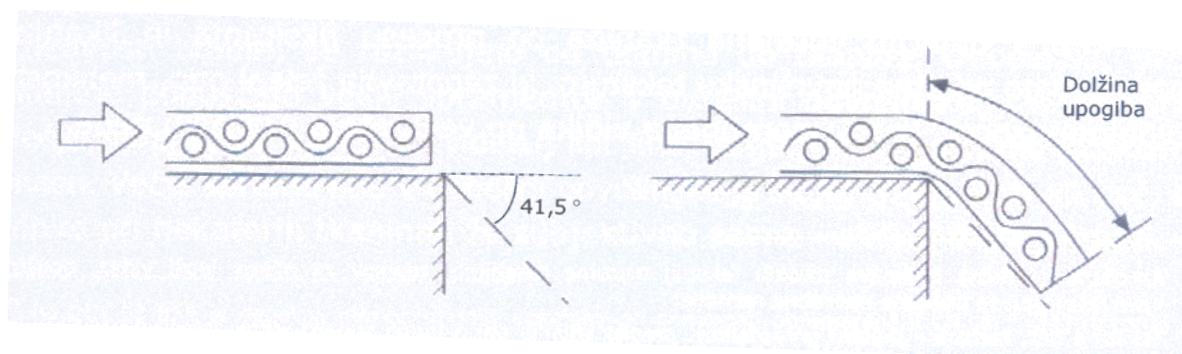


Sl. 40 Princip rada FAST-1 mjernog uređaja

Debljina površinskog sloja tkanine mjerena na FAST-1 mjernom uređaju definira se kao razlika debljine tkanine utvrđena pri dva različita opterećenja $1,96 \text{ cN cm}^{-2}$ i $98,07 \text{ cN cm}^{-2}$, odnosno $h_s = h_1 - h_0$, sl. 40 [18].

2.4.2.2. Savojna svojstva

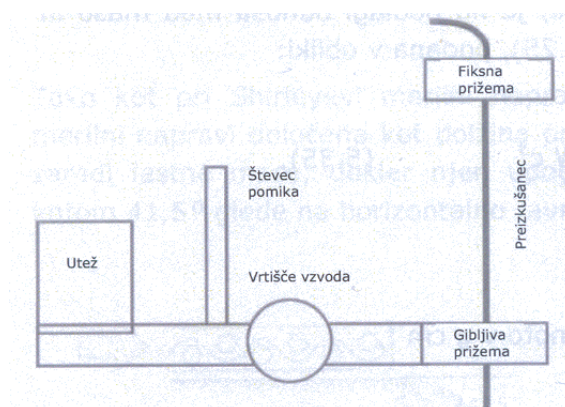
Savojna svojstva određuju se mjerenjem dužine pregiba tkanine pomoću FAST-2 mjernog sustava. Dužina pregiba određuje se kao dužina slobodnog dijela tkanine koji se pregiba uslijed djelovanja vlastite mase sve dok ovješeni dio ne dosegne ravninu pod kutem od $41,5^\circ$ u odnosu na horizontalnu ravninu, sl. 41. FAST-2 mjerni sustav je opremljen fotočelijom za određivanje ovještene dužine uzorka što se kod sličnih mjernih uređaja i metoda ispitivanja određuje vizualno. Krutost savijanja karakterizira otpor presavijanju tkanine na jedinici površine i proporcionalna je produktu Young-ovog modula materijala kod njegovog momenta, pa se može upotrijebiti za neposredno istraživanje ponašanja tkanine kod savijanja tj. za vrednovanje sposobnosti oblikovanja [18].



Sl. 41 Princip mjerenja krutosti savijanja pomoću FAST-2 mjernog uređaja

2.4.2.3. Vlačna svojstva

Određivanje vlačnih svojstava temelji se na određivanju relativnog produljenja uzorka kod 3 različita opterećenja koja simuliraju stupanj deformacije kojim su obično izložene tkanine tijekom procesa izrade odjeće.

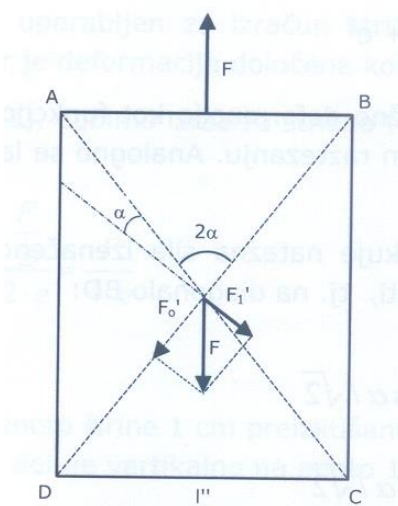


SI. 42 Princip rada FAST-3 mjernog uređaja

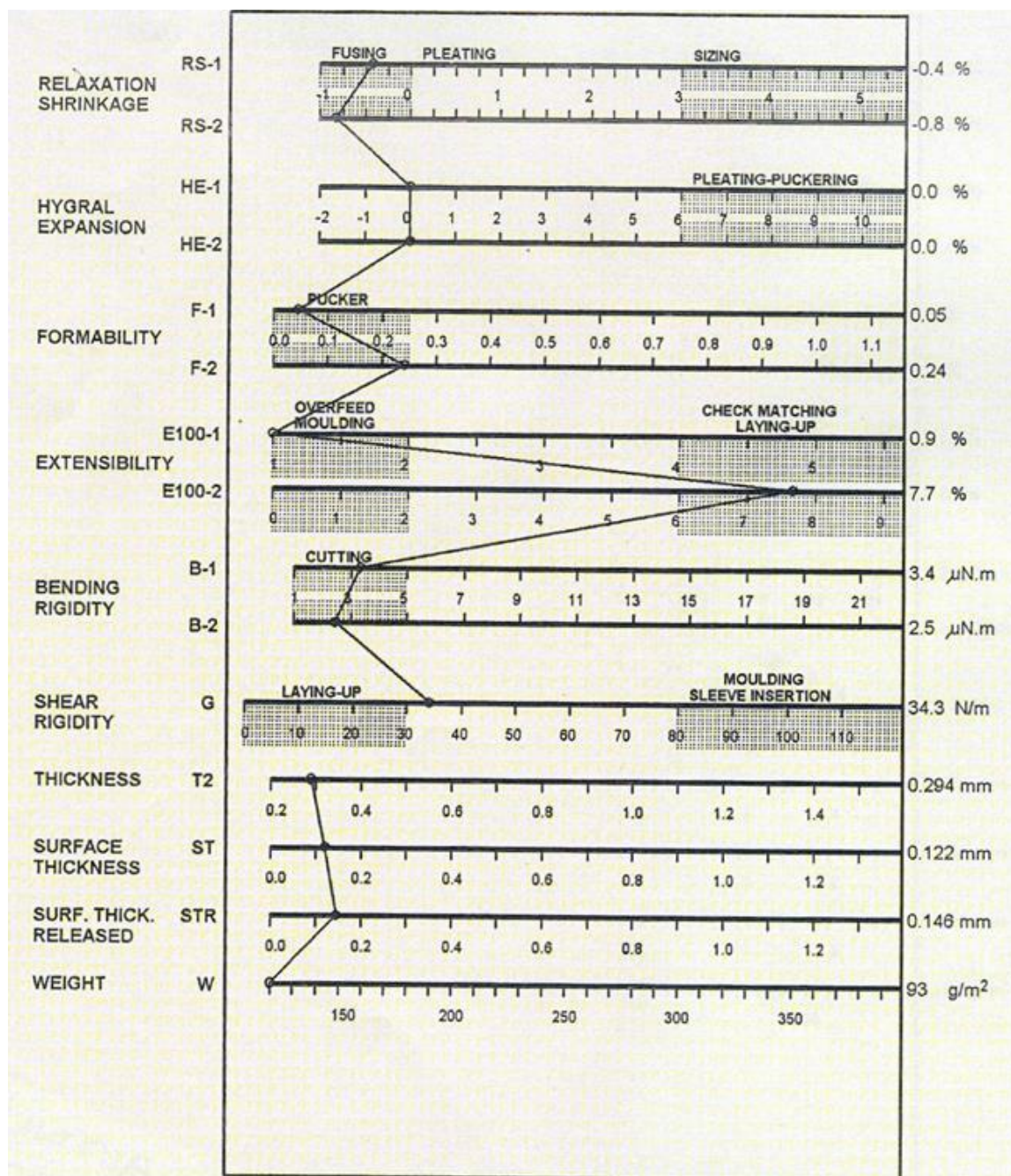
Određivanje se izvodi pomoću FAST-3 mjernog sustava koji djeluje na principu vage, sl. 42. Produljenje se određuje u uzdužnom i poprečnom smjeru, tj. smjeru osnove i potke pri opterećenju od 98,07 cN na jedinici širine 1 cm [18].

2.4.2.4. Smična svojstva

Smična svojstva utvrđuju se na temelju istezanja ϵ_{B5} uzorka krojenog pod kutem od 45° s obzirom na smjer niti osnove i potke pri opterećenju od 4,9 cN na jedinici širine od 1 cm, sl. 43 [18].



SI. 43 Smična deformacija uzorka

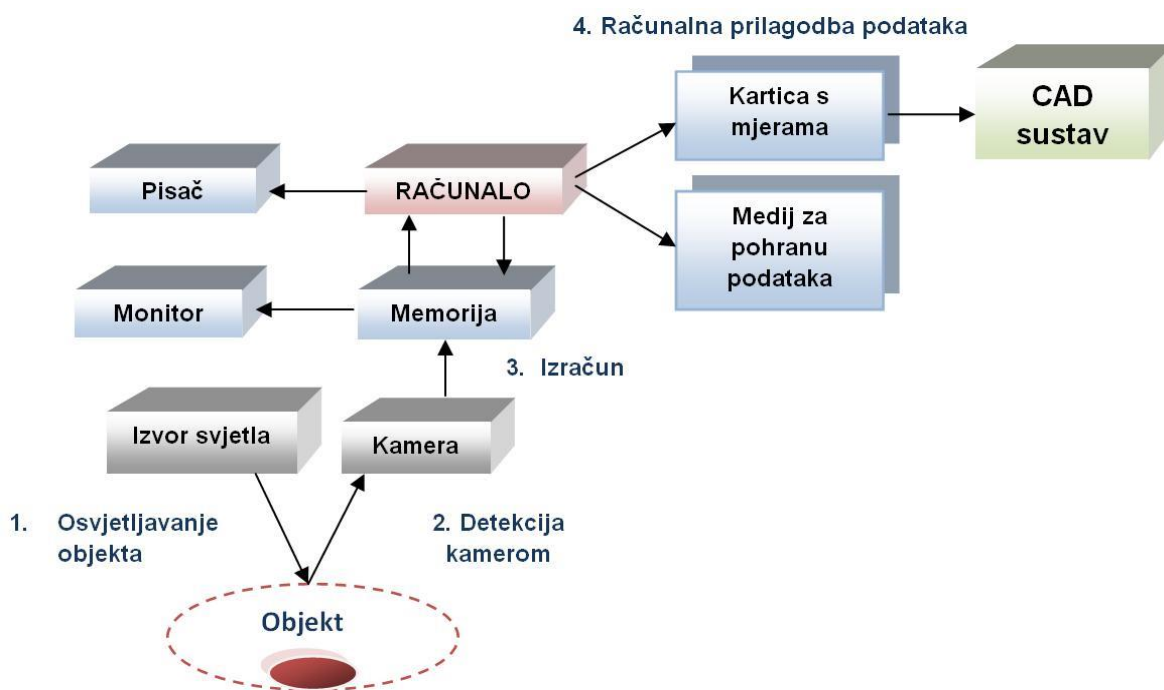


SI. 44 FAST kontrolni dijagram

2.5. Antropometrijska mjerenja tijela primjenom 3D skenera

Antropometrija, kao jedna od metoda koja se unutar antropologije bavi mjerenjem ljudskog tijela te utvrđivanjem odnosa ili proporcija između pojedinih njegovih dijelova, od velike je važnosti za konstrukciju odjeće. Proporcijama ili odnosima, može se utvrditi pravilnost u međusobnom odnosu pojedinih dijelova tijela, odnosno pojedinih mjera na tijelu. Na temelju proporcija, mogu se također uočiti odstupanja tijela od normalne građe odnosno njegove deformacije. Antropometrijskim mjerenjima populacije pojedine zemlje te statističkom obradom rezultata mjerenja, utvrđeni su nacionalni sustavi označavanja odjeće koji se koriste u procesu industrijske serijske proizvodnje odjeće, za označavanje odjeće prema standardiziranim odjevnim veličinama, koje odgovaraju prosjeku mjera određene populacije. Oznake odjevnih veličina definirane su različito za mušku i žensku odjeću, pri čemu postoje razlike u označavanju dječje, mladenačke i odjeće za odrasle za pojedine grupe odjevnih predmeta. S obzirom da su postojeći sustavi označavanja odjeće u većini zemalja danas zastarjeli te odjevne veličine kojima se odjeća označava danas više uglavnom ne odgovaraju prosjeku mjera određene populacije, u posljednjih deset godina su u većini zapadnih zemalja, provedeni projekti u okviru kojih se provelo sustavno mjerenje stanovništva sa svrhom utvrđivanja novih sustava označavanja odjeće [41-43]. Ovakav projekt, pod nazivom Hrvatski antropometrijski sustav, proveden je i u Republici Hrvatskoj sa svrhom utvrđivanja novog, a ujedno i prvog nacionalnog sustava označavanja odjeće [19,44]. Mjerenja stanovništva u okviru navedenih projekata, izvedena su primjenom konvencionalne mjerne opreme ili primjenom mobilnih sustava za beskontaktno mjerenje tijela, odnosno 3D skenera. Osim za sustavno mjerenje stanovništva, primjena 3D skenera postala je trend kod suvremenih proizvođača odjeće koji kupcima omogućuju izradu odjevnih predmeta prema individualnim mjerama.

3D skeneri tijela su sustavi koji omogućuju dobivanje informacija o obliku i površini ljudskog tijela, pri čemu za snimanje koriste lasere ili strukturirano bijelo svjetlo i CCD (*engl. Charge-Coupled Device*) kamere. Primjenom elektroničkih strujnih krugova i mikroprocesora izvodi se pretraživanje podataka koji se procesiraju, pohranjuju kao datoteka i vizualiziraju kao trodimenzionalna skupina točaka koja opisuje oblik tijela na zaslonu monitora. Prikaz predstavlja potpunu, dvodimenzionalnu, preciznu repliku skeniranog tijela koja se može sagledati iz različitih pogleda, rotirati, uvećavati i umanjivati, a koja služi kao podloga za računalno automatizirano utvrđivanje tjelesnih mjera. Shematski prikaz principa rada 3D skenera prikazan je na sl. 45 [11,45].



SI. 45 Dijagram tijeka - Princip rada laserskih i svjetlosnih sustava za 3D skeniranje

Postojeći 3D skeneri, razvijeni od različitih proizvođača međusobno se razlikuju u broju kamera koje koriste za snimanje, području snimanja i izvoru svjetla te u sofisticiranosti pratećeg računalnog programa koji se koristi za vizualizaciju skeniranog tijela i utvrđivanje tjelesnih mjera. S obzirom na navedene razlike, 3D sustave za skeniranje koji su trenutno dostupni na tržištu možemo podijeliti u pet osnovnih skupina [45,46]:

1. Laserski sustavi za skeniranje koji koriste lasere kao izvor svjetla.
2. Svjetlosni sustavi za skeniranje koji na tijelo projiciraju uzorak strukturiranog, uglavnom bijelog svjetla,
3. LED sustavi za skeniranje koji koriste infracrvene detektore,
4. Sustavi koji omogućuju dobivanje sjena tijela na strani suprotnoj od kamere i snimanje 2D obrisa konture tijela u različitim položajima tijela. Također koriste strukturirano svjetlo kao medij za generiranje 3D modela tijela,
5. Sustavi koji koriste radio-valove za skeniranje površine tijela kroz odjeću

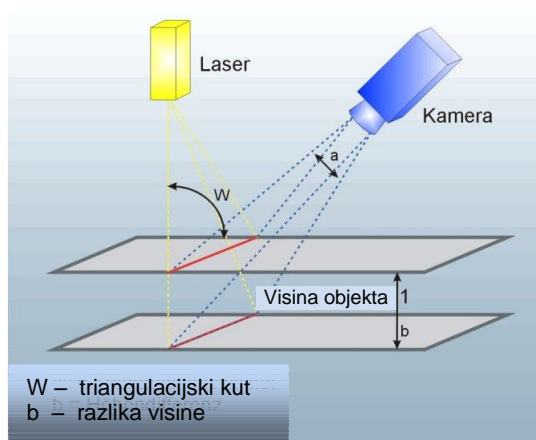
Tab. 3 Tehničke karakteristike 3D skenera

System/ Scanner	Scanning technology	Captured body segments	Resolution [mm]	
			Horizontal	Vertical
BREUCKMANN bodySCAN	Structured light	Whole body	2,0	2,0
Cyberware WBX, WB4	Laser class1	Whole body	5,0/0,019	2,0
HAMAMATSU Body line scanner	Laser/ distance detection	Whole body	2,0/2,0	App. 2,0
HAMANO VOXELAN	Laser class1	Trunk	3,4/3,4	3,4
INTELLIFIT Intellifit	Radio waves	Whole body	Approx. 4,0	Approx. 4,0
inSpeck 3D Mega Capturor II	Structured light	Whole body	1,9	1,0
[TC] ² NX12	Structured light	Whole body without hands and head	2,5/1,0	2,5
Telmat SYMCAD 3D	Structured light	Trunk/whole body Parts only as silhouette	1,4/0,8	1,4
VITRONIC Vitus Smart Vitus Pro	Laser class1	Whole body	2,0/2,0 1,2/1,2	2,0 app. 1,0
Wicks and Wilson TriForm	Structured light	Whole body	App. 1,5	App. 1,5

Princip rada laserskih skenera temelji se na mjerenju polarnih koordinata odnosno horizontalnog i vertikalnog kuta te udaljenosti do pojedine točke prostora. Instrument šalje, prema unaprijed zadanom razmaku, slijed laserskih impulsa. Registrirajući ukupni pomak sustava u odnosu na njegov početni položaj te izmjerenu duljinu, izračunavaju se prostorne koordinate svake točke. Laserskim skeniranjem otvara se mogućnost prikupljanja velike količine 3D podataka o objektu koji se snima. Skup točaka u 3D koordinatnom sustavu naziva se oblak točaka (*eng. point cloud*). Za utvrđivanje mjera na tijelu dostatno je koristiti podatke u njihovom izvornom obliku, bez ili sa minimalnom naknadnom obradom. Iz izmjerenog oblaka točaka moguće je gotovo trenutno obavljati mjerenja pomoću računala bez fizičkog pristupa stvarnom objektu odnosno tijelu.

Za jednostavnije vizualizacije i prezentacije dovoljno je iz prikupljenih geometrijskih podataka automatskim algoritmima generirati topologiju izmjerenih objekata (nepravilne plohe) čime dobivamo njihove vrlo vjerne modele. Svi proizvođači laserskih skenera sa svojim uređajem isporučuju i računalni program koji omogućuje vizualizaciju i utvrđivanje mjera na tijelu, te

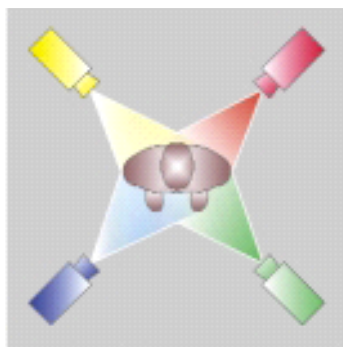
izvođenje triangulacije 3D točaka pri čemu se određene točke međusobno spajaju te se dobiva površinska mreža koja služi za vizualizaciju objekta i koja se može dalje obrađivati u nekom od 3D programa. Proces triangulacije odvija se automatizirano, pri čemu računalo koristi složene matematičke algoritme s obzirom na izrazitu gustoću točaka koje je potrebno spojiti i pri čemu je složeniji dio procesa triangulacije pravilan odabir točaka. Svaka od točaka ima svoje (x, y, z) koordinate koje određuju položaj točke u trodimenzionalnom Kartezijevom koordinatnom sustavu. Pri tom se x, y, z koordinate najčešće orijentirane na način da x i y koordinata određuju ravninu na kojoj objekt stoji, a z koordinata je usmjerena okomito na ravninu (x, y) u smjeru visine objekta, sl. 46.



Sl. 46 Sustav kamere i lasera koji se koristi za snimanje pomoću 3D skenera – princip optičke triangulacije

3D body skener VITUS Smart omogućuje skeniranje objekta u području 1200 x 800 mm i 2100 mm visine. Skeniranje se izvodi sustavom od 8 kamera i traje 10-12 s, pri čemu se izdvoji 500 000 do 600 000 prostornih koordinata skeniranog tijela [47]. Procesiranje podataka traje 40-tak sekundi, te se nakon toga korištenjem programskog paketa ScanWorx V 2.7.2. izdvajaju mjere ljudskog tijela potrebne za implementaciju u računalni program za alteraciju kroja odjevnog predmeta prema utvrđenim mjerama. Programski paket ScanWorx daje mogućnost korekcije dobivenih tjelesnih mjera, kao i dodavanje novih. Pomoću video kamera, pozicija laserske zrake na objektu detektira se izvan fiksnog kuta. S obzirom na triangulacijski kut i formiranje optički nepomičnog oblika, može se izračunati pozicija jednog dijela objekta u smjeru x i y koordinata. Za ostvarivanje treće dimenzije objekta triangulacijski senzor je pomaknut u točno definiranim koracima u smjeru osi z. Pomoću informacije o udaljenosti između koraka oblik objekta ili tijela se skenira dio po dio u slojevima. VITUS

Smart 3D skener koristi triangulacijske senzore usmjerene prema tijelu iz različitih smjerova (360°) za skeniranje ljudskog tijela u jednom prolazu, sl. 47.



Sl. 47 Snimanje tijela primjenom triangulacijskih senzora usmjerenih prema tijelu

Triangulacijski senzori montirani su u istoj vodoravnoj ravnini. Cijeli objekt se skenira pomicanjem senzora iz gornje mrtve točke prema donjoj, pri čemu strukturirano bijelo svjetlo ili laser prelazi preko tijela, a svaka od montiranih kamera snima dio tijela. Svaki triangulacijski senzor je proširen s drugom video kamerom kako bi se dobio dvostruki triangulacijski senzor.

Kako bi se osiguralo utvrđivanje preciznih mjera na tijelu, potrebno je periodički provjeravati i prema potrebi provesti kalibraciju skenera. Dodatno, osoba koju se skenira treba za vrijeme skeniranja stajati u odgovarajućem uspravnom položaju tijela, odjevena u donje rublje svjetlije boje, kosa treba biti vezana na stražnjoj strani glave, preporuča se korištenje plivačke kape, te je potrebno skinuti nakit [11].

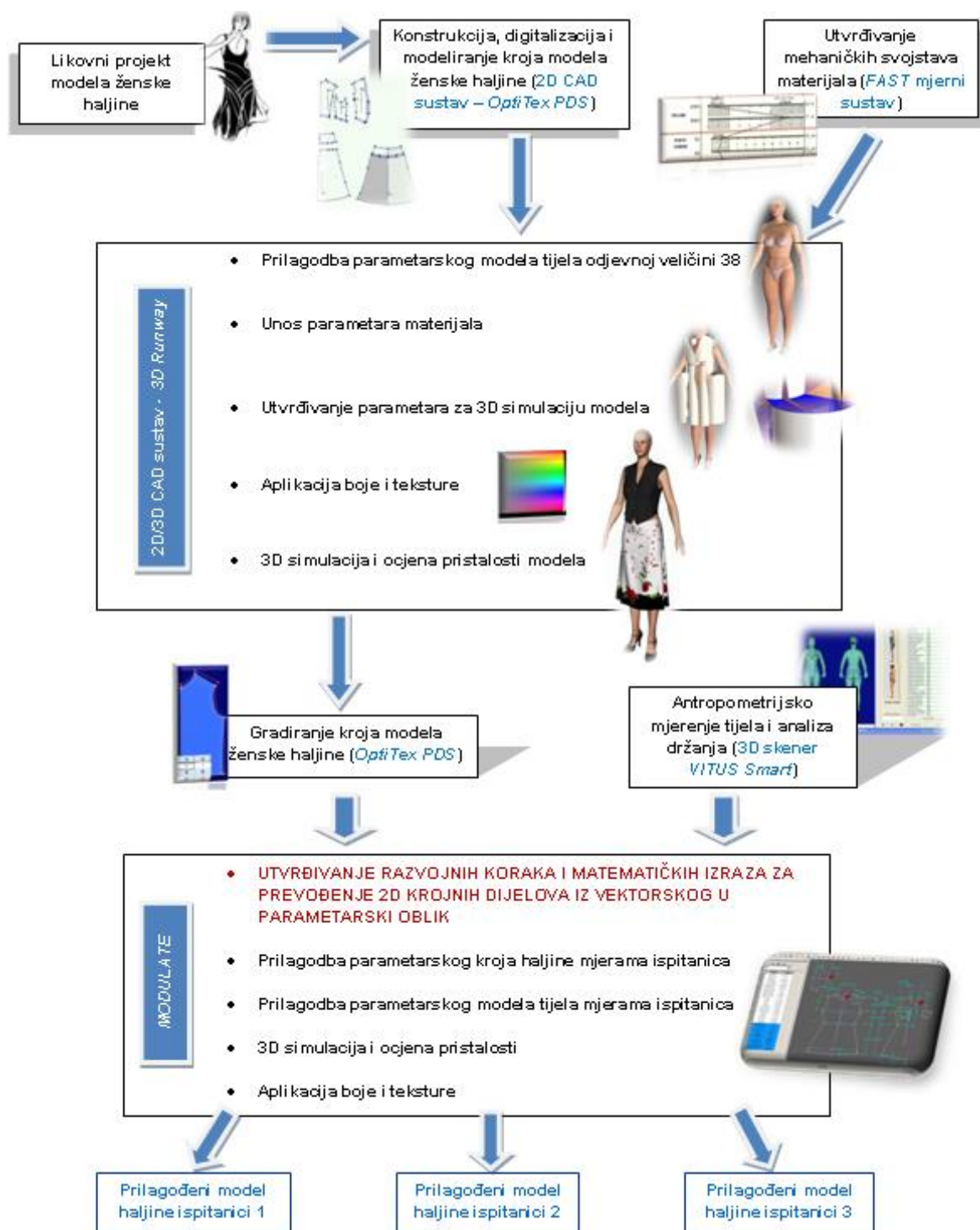
3. METODIKA RADA

Svrha ovog diplomskog rada je unaprjeđenje procesa razvoja novih odjevnih predmeta u konstrukcijskoj pripremi, kroz sustavno istraživanje i povezivanje inovativnih računalnih tehnologija, temeljno na primjeni znanstvenih spoznaja i njihovoj aplikaciji u procesu razvoja parametarskog računalnog modela odjevnog predmeta.

U tom smislu, u eksperimentalnom dijelu rada, nužno je istražiti i utvrditi slijedeće segmente razvojnog procesa:

- Osmisliti likovni projekt odjevnog predmeta [23]
- Konstruirati, digitalizirati i modelirati kroj za odabrani odjevni predmet, primjenom CAD sustava konstrukcijske pripreme, temeljeno na pravilima konvencionalne konstrukcije odjeće [20,21,16],
- Utvrditi mehanička svojstva materijala primjenom odgovarajuće mjerne opreme [18],
- Implementirati sve prethodno utvrđene vrijednosti parametara u 2D/3D CAD sustav namijenjen računalnoj konstrukciji odjeće,
- Utvrditi sve potrebne parametre za izvođenje računalne 3D simulacije modela odjevnog predmeta, za odabranu temeljnu odjevnju veličinu,
- Provesti 3D simulaciju i ocijeniti pristalost modela, a prema potrebi izvršiti korekcije 2D kroja modela [33],
- Gradirati kroj za odabrani odjevni predmet, primjenom CAD sustava konstrukcijske pripreme, temeljeno na pravilima konvencionalne konstrukcije odjeće [21,34],
- Provesti antropometrijska mjerenja tijela za tri ispitanice primjenom 3D skenera tijela i provesti analizu držanja tijela [11,47],
- Utvrditi razvojne korake i matematičke izraze za prevođenje 2D krojnih dijelova iz vektorskog u parametarski oblik zapisa [33],
- Interaktivno prilagoditi parametarski kroj haljine i računalni 3D model tijela mjerama ispitanica, utvrđenim primjenom 3D skenera,
- Provesti 3D simulaciju sa svrhom verifikacije pristalosti za sva tri modela,
- Aplikirati boje i teksture na model odjevnog predmeta [40].

U skladu s definiranim segmentima razvojnog procesa parametarskog modela odjevnog predmeta, na slici 48 je prikazan cjelovit plana rada.



SI. 48 Plan rada u skladu s postavljenim ciljevima

4. EKSPERIMENTALNI DIO

Prema prethodno prikazanom planu rada, u narednim točkama prikazani su svi segmenti istraživanja i razvoja parametarskih modela ženskih haljina.

4.1. Likovno projektiranje modela ženskih haljina

U ovom dijelu rada prikazani su likovni projekti dva modela ženskih haljina s pripadajućim opisima modela za koje će se provesti istraživanje kroz razvojne korake prikazane u poglavlju 3.

4.1.1. Projektiranje ženske haljine - model 1

Opis modela:

Model ženske haljine sastoji se od pet prednjih i šest stražnjih dijelova. Razdjelni šavovi su oblikovani na način da u gornjem dijelu prate liniju tijela, dok se donji dio haljine širi u oblik bureta, te ga kod izrade haljine treba učvrstiti pojačanjima. Prednji srednji dijelovi rezani su 4 cm ispod linije grudi, dok su bočni dijelovi rezani na liniji struka. Donji bočni dijelovi su nabrani na liniji struka. Na gornjim bočnim dijelovima na liniji grudi oblikovan je preklop do razdjelnog šava na četvrtini kroja. Rameni šav na prednjem dijelu je također nabran. Stražnji srednji dijelovi su rezani 4 cm iznad linije grudi, dok su bočni dijelovi također rezani i nabrani na liniji struka. Na gornjim bočnim dijelovima oblikovan je „V“ vratni izrez koji završava na liniji stražnje sredine spajanjem sa stražnjim srednjim dijelovima. Rameni šav na stražnjem dijelu nije nabran, sl. 49.

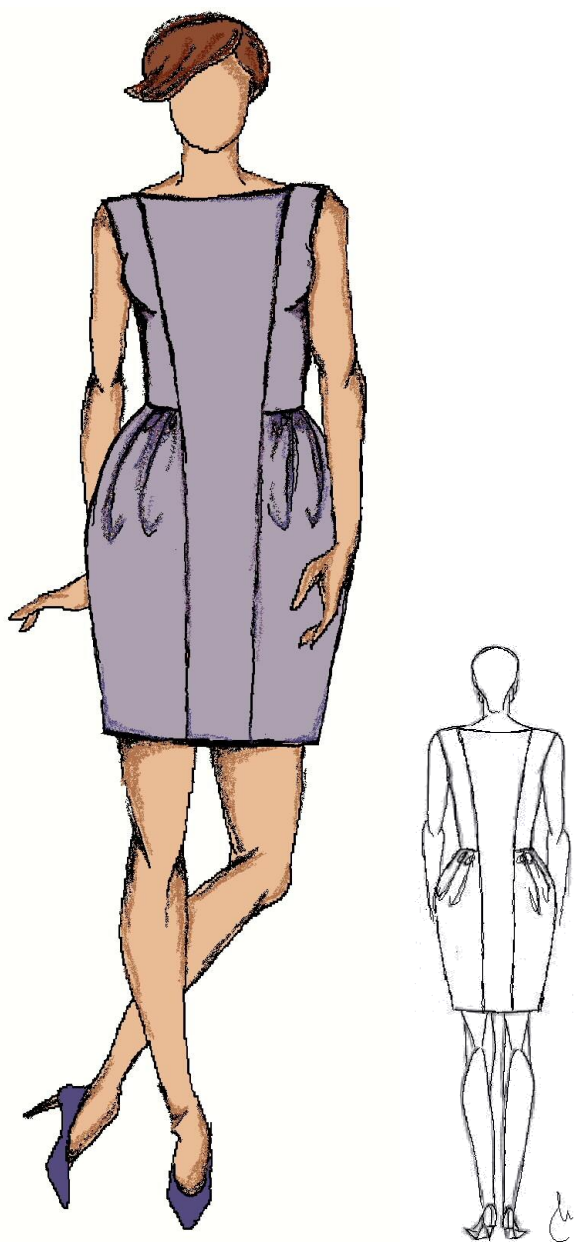


Sl. 49 Likovni projekt modela 1 ženske haljine

4.1.2. Projektiranje ženske haljine - model 2

Opis modela:

Model 2 ženske haljine izveden je kao varijacija kroja modela 1. U tom smislu na prednjem gornjem dijelu haljine uklonjen je preklop, te je prednji srednji dio produljen prema gore i oblikovan u lađa vratni izrez. Na stražnjem dijelu uklonjen je razdijelni šav na stražnjoj sredini, te je također oblikovan lađa vratni izrez. I prednji i stražnji srednji dio se blago sužavaju prema duljini kroja, isto kao i bočni dijelovi, sl. 50.



Sl. 50 Likovni projekt modela 2 ženske haljine

4.2. Konstrukcija, digitalizacija i modeliranje krojeva modela ženskih haljina primjenom CAD sustava konstrukcijske pripreme

U nastavku rada početno su opisane aktivnosti čija provedba predstavlja polazište za kasniju računalnu simulaciju modela odjevnog predmeta. U tom smislu, konvencionalnom metodom konstrukcije odjeće je konstruiran temeljni kroj ženske haljine odjevnine veličine 38, prema sustavu označavanja odjeće [20], koji je postupkom digitalizacije unesen u memoriju računala, te je izvedeno računalno modeliranje 2D krojeva.

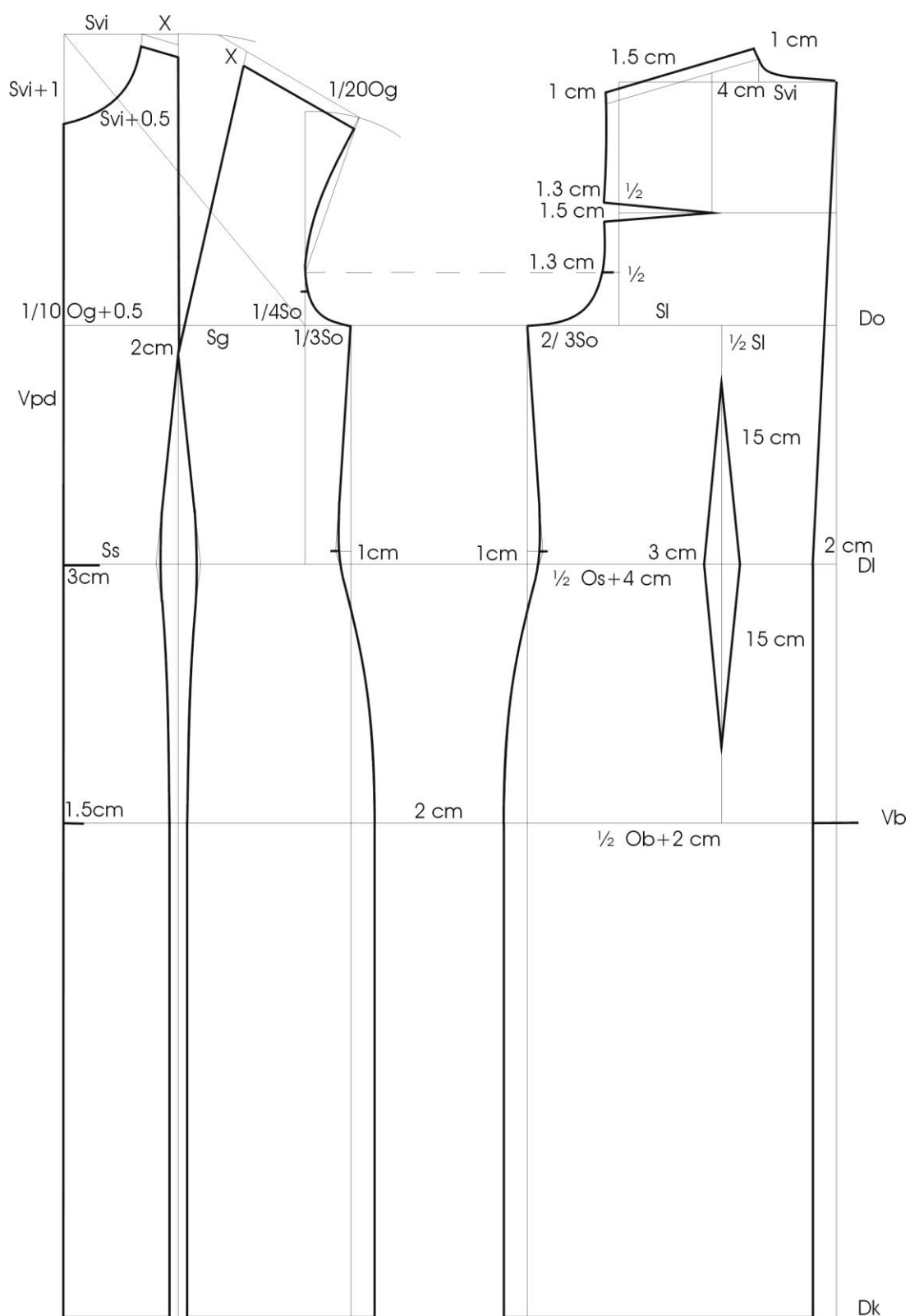
4.2.1. Izračun konstrukcijskih mjera za žensku haljinu odjevnine veličine 38 i konstrukcija temeljnog kroja

Izračun svih potrebnih mjera za konstrukciju temeljnog kroja ženske haljine prikazan je u tab. 4.

Tab. 4 Glavne tjelesne i konstrukcijske mjere za konstrukciju temeljnog kroja ženske haljine

	Oznaka mjere	Iznos mjere (cm)	Dodatak (cm)	Matematički izraz za izračun konst. mjere
Glavne tjelesne mjere	Tv	168		
	Og	88		
	Os	70		
	Ob	94		
Konstrukcijske mjere	Do	20,30	1	$1/10 \text{ Og} + 10,5 \text{ cm}$
	DI	41,00		$1/4 \text{ Tv} - 1 \text{ cm}$
	Vb	63,00		$3/8 \text{ Tv}$
	Dk	105,00		$5/8 \text{ Tv}$
	Švi	6,40		$1/20 \text{ Og} + 2 \text{ cm}$
	Vpd	44,90		$\text{DI} + 1/20 \text{ Og} - 0,5 \text{ cm}$
	ŠI	17,00	0,5 do 1	$1/8 \text{ Og} + 5,5 \text{ cm}$
	Šo	11,00	1,5 do 2	$1/8 \text{ Og} - 1,5 \text{ cm}$
	Šg	16,50	1,5	$1/4 \text{ Og} - 4 \text{ cm}$
	Šs	16,50		$1/4 \text{ Os} - 1 \text{ cm}$
Dodatak za udobnost nošenja na $1/2$ kroja		3,50		$\text{ŠI} + \text{Šo} + \text{Šg} - 1/2 \text{ Og}$

Na temelju utvrđenih glavnih tjelesnih mjera i izračunatih konstrukcijskih mjera, konstruiran je temeljni kroj za žensku haljinu odjevnine veličine 38, prema pravilima konvencionalne konstrukcije odjeće [20], sl. 51.



4.2.2. Digitalizacija krojnih dijelova primjenom CAD sustava konstrukcijske pripreme

Ručno konstruirane krojne dijelove, prikazane u prethodnoj točki rada, potrebno je unijeti u memoriju računala, kako bi se dalje primjenom 2D/3D CAD sustava namijenjenog konstrukcijskoj pripremi krojeva provela cjelovita razrada kroja. U tu svrhu korišteno je računalo s ugrađenim procesorom INTEL Quad Core i5 2.66GHz, s radnom memorijom DDR3 RAM 1333 MHz kapaciteta 4GB te čvrstim diskom od 1000.0 GB i HD grafičkom karticom od 1GB DDR5 memorije. Računalo je opremljeno monitorom u boji od 24", rezolucije 1920x1080. Računalo radi pod operativnim sustavom Windows XP.

U okviru ovog rada digitalizacija temeljnog kroja izvedena je primjenom Digipen-a, odnosno digitalne olovke s optičkim senzorom i specijalne prozirne folije pri čemu su snimljene sve potrebne oznake na krojnim dijelovima. Princip rada Digipena opisan je u poglavlju 2, toč. 2.2.1.2. Postupak digitalizacije prikazan je na sl. 52.



Sl. 52 Postupak digitalizacije krojnih dijelova pomoću DigiPena

4.2.3. Modeliranje krojeva haljina primjenom 2D CAD sustava konstrukcijske pripreme

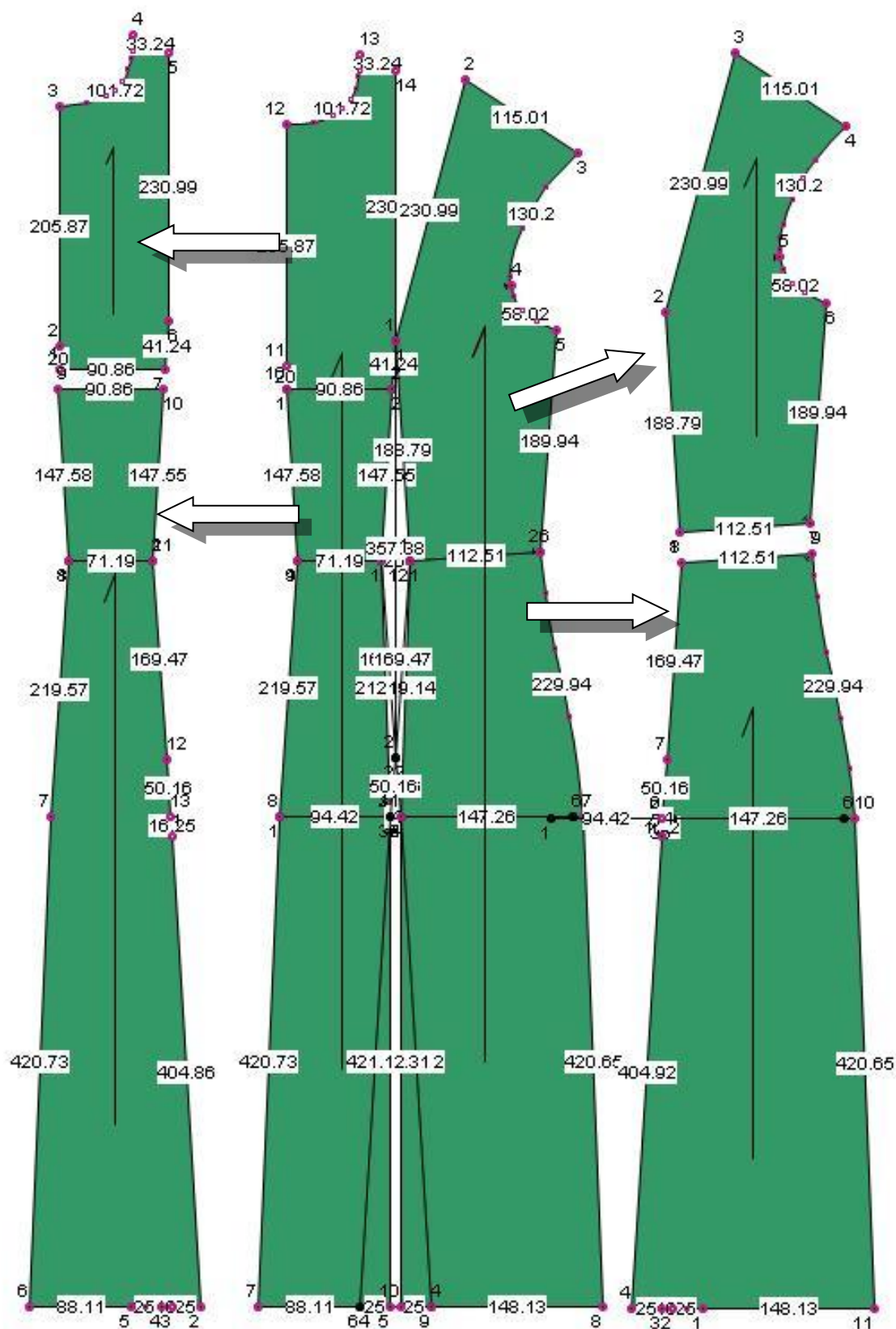
U nastavku rada opisani su koraci modeliranja digitaliziranog kroja modela ženske haljine prema pravilima konvencionalne konstrukcije odjeće, primjenom 2D CAD sustava konstrukcijske pripreme. U tu svrhu korišten je program *Pattern Design System – PDS, t.t. OptiTex*, namijenjen konstrukciji krojeva, prikazan u poglavlju 2, toč. 2.3.1. [16,33].

4.2.3.1. Modeliranje kroja haljine – model 1

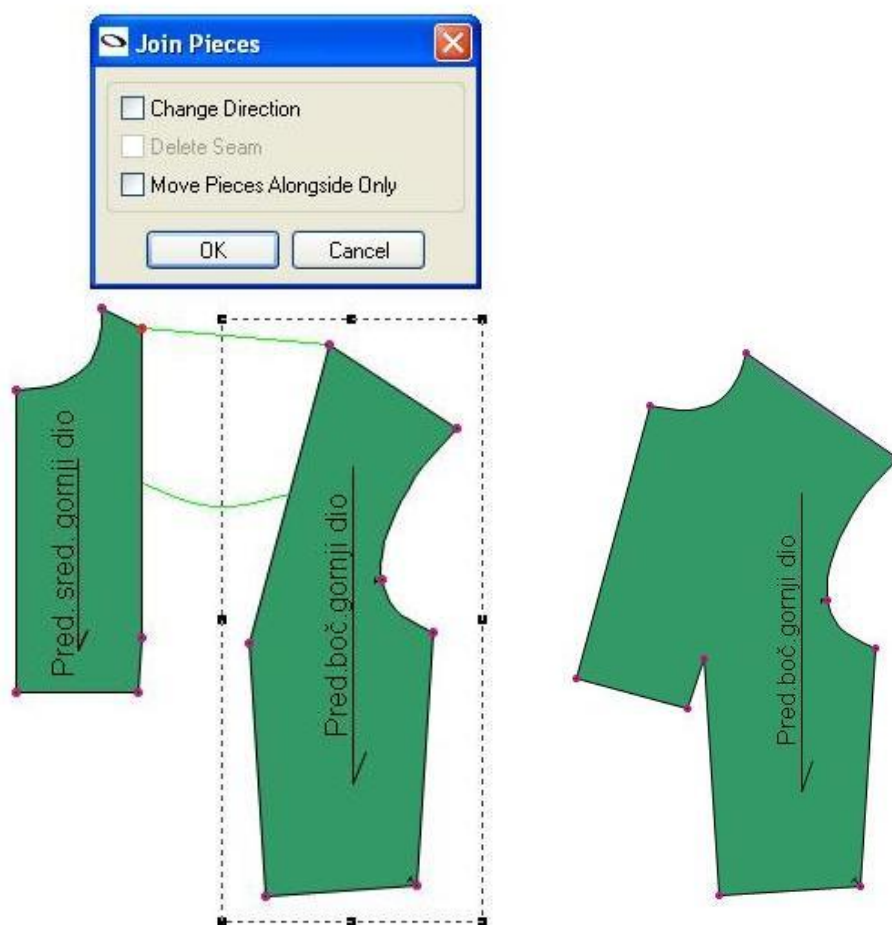
Modeliranje prednjih dijelova:

Pri modeliranju prednjeg dijela haljine prednji srednji i prednji bočni dio, spojeni su u prsnoj točki. Od linije prednje sredine do gornjeg grudnog ušitka kreirana je vodoravna linija 4 cm ispod linije grudi, koja predstavlja razdjelni šav prednjeg srednjeg dijela na gornji i donji dio, sl. 53. Donji vrh ušitka u struku podignut je 5 cm iznad linije bokova odakle počinje proširenje donjeg dijela haljine za 2,5 cm na duljini kroja sa svake strane razdjelnog šava. Prednji srednji dio je na liniji bokova proširen za 0,6 cm. Prednji bočni dio se po liniji struka dijeli na gornji i donji dio, te je donji dio na liniji bokova proširen za 1 cm. Dubina orukavlja je spuštена za 1 cm i rameni šav je za isti iznos produljen te su izdvojeni modelirani krojni dijelovi, sl. 53.

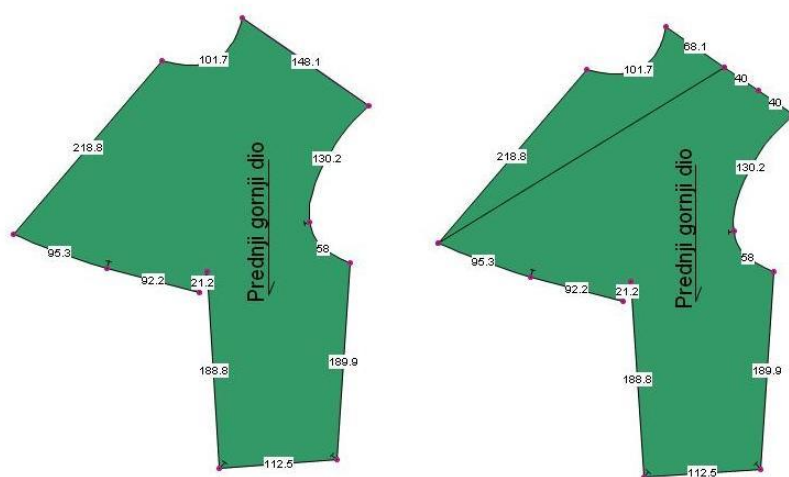
U drugoj fazi modeliranja, srednji gornji dio je na segmentu prsnog ušitka spojen s bočnim dijelom, sl. 54. Linija na grudima je zbog preklopa gornjeg prednjeg dijela produljena za 10 cm, sl. 55, te je kreiran vratni izrez povezivanjem linije grudi s točkom kreiranom 8 cm od orukavlja na ramenom šavu, sl. 55. Na polovici ramenog šava dodan je dodatak za nabiranje u iznosu od 12 cm, sl. 56. U trećoj fazi modeliranja prednji donji dio je na liniji struka proširen za 16 cm dodatka za nabiranje, sl. 57.



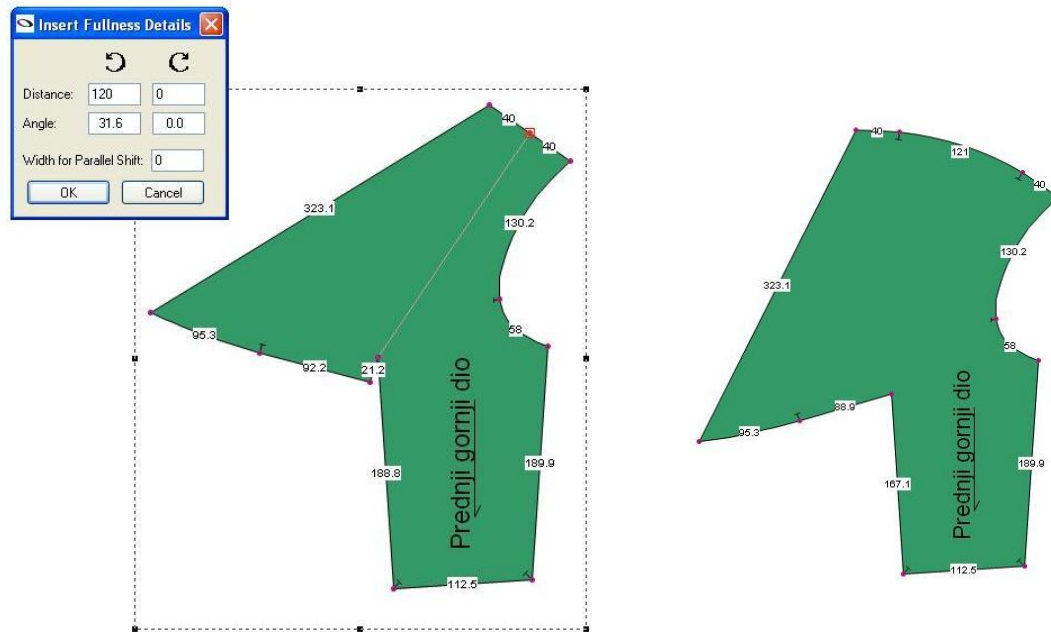
SI. 53 Razdvajanje prednjih dijelova preko razdjelnih šavova



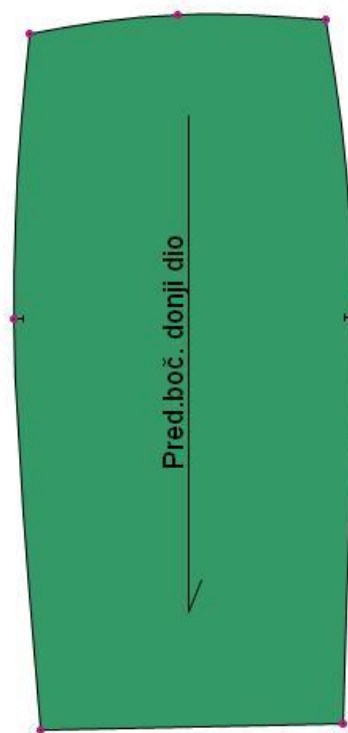
Sl. 54 Zatvaranje prsnog ušitka



Sl. 55 Modeliranje preklopa i vratnog izreza na prednjem dijelu

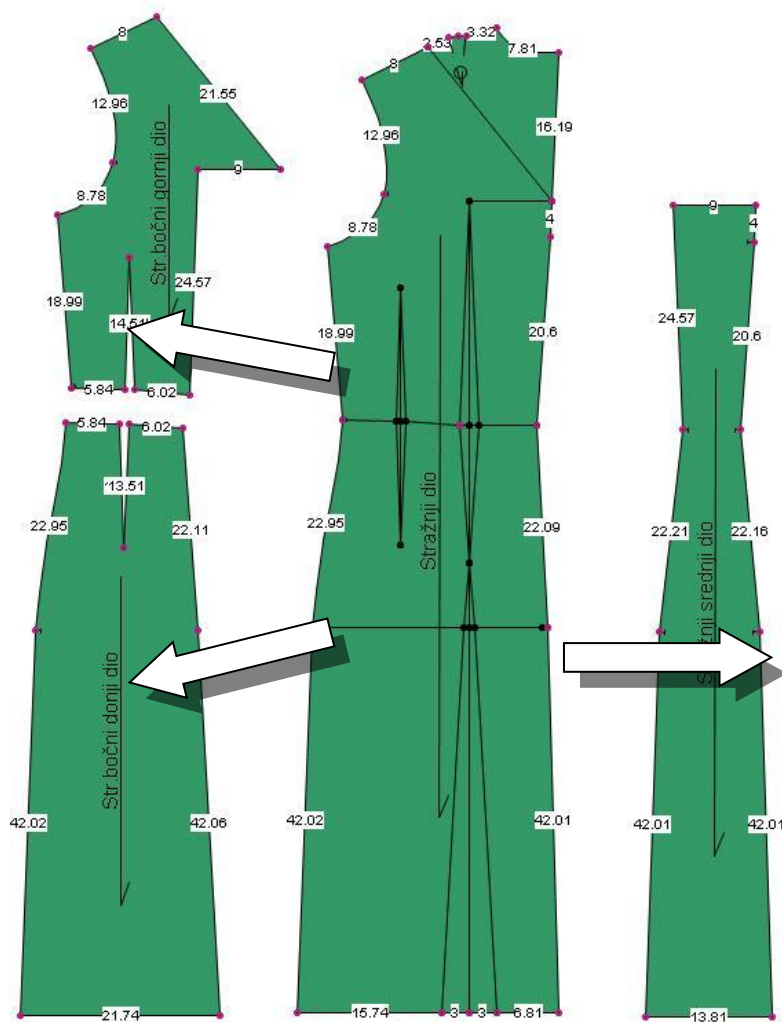


SI. 56 Modeliranje dodatka za nabiranje ramenog šava



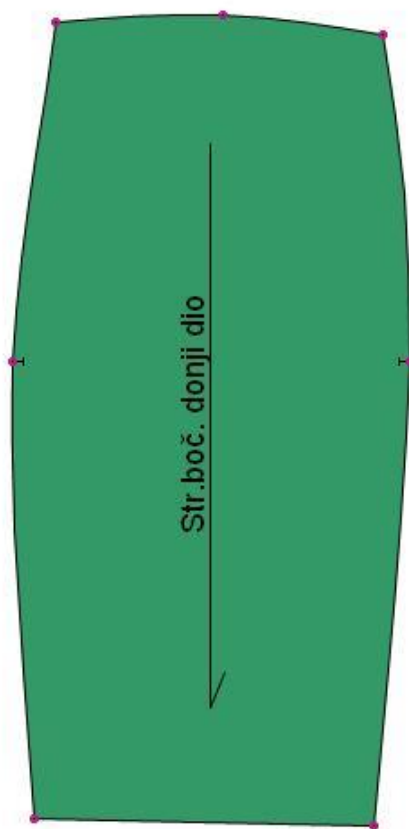
SI. 57 Proširenje prednjeg bočnog donjeg dijela na liniji struka za nabiranje

Ušitak na stražnjem dijelu premješten je iz orukavlja u rameni šav i skraćen. Na stražnjoj sredini 4 cm iznad linije orukavlja kreirana je vodoravna linija duljine 9 cm, sl. 58. Od te linije na duljinu kroja kreirana je okomica koja predstavlja simetralu na koju se prebacuje ušitak u struku stražnjeg dijela. Donji vrh ušitka u struku premješten je 7 cm iznad linije bokova odakle počinje proširenje na duljini kroja od 3 cm sa svake strane razdjelnog šava. Stražnja sredina je na liniji struka pomaknuta za 0.5 cm i bočni šav je na liniji bokova proširen za 1 cm. Dubina orukavlja je spuštena za 1 cm i rameni šav je za isti iznos produljen. 6 cm od razdjelnog šava kreiran je novi ušitak u struku, širine 1 cm podignut od linije struka za 0,5 cm. Vratni izrez stražnjeg dijela kreiran je povezivanjem vodoravne linije kreirane 4 cm iznad linije orukavlja na stražnjoj sredini s točkom kreiranom na ramenom šavu 8 cm od orukavlja. Bočni dio je na liniji struka podijeljen na gornji i donji, te su izdvojeni modelirani krojni dijelovi, sl. 58.



Sl. 58 Modeliranje razdjelnih šavova na stražnjem dijelu i izdvajanje krojnih dijelova

U drugoj fazi modeliranja na donjem bočnom dijelu je zatvoren ušitak u struku i segment je proširen za 16 cm dodatka za nabiranje, sl. 59.



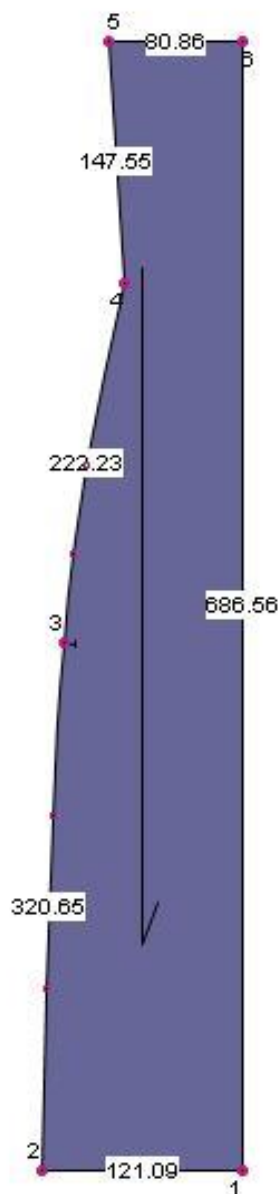
Sl. 59 Rezanje stražnjeg bočnog dijela i proširenje donjeg dijela za liniju struka za nabiranje

4.2.3.2. Modeliranje kroja haljine – model 2

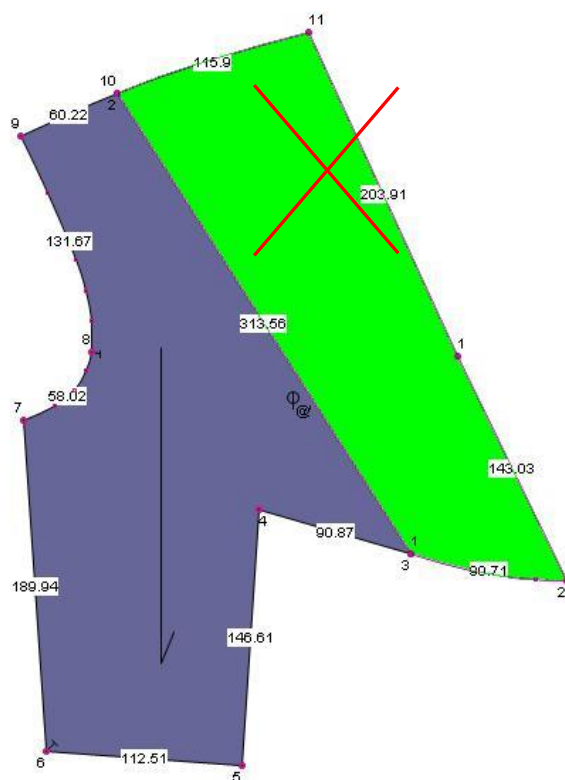
Kao polazište za modeliranje modela 2 ženske haljine korišteni su krojni dijelovi modela 1.

Modeliranje prednjih dijelova:

Pri modeliranju prednjeg dijela, prednji srednji dijelovi su poravnati na prednjoj sredini prema točki na liniji struka, na taj način prednja sredina je određena kao pregib materijala i uklonjen je šav na prednjoj sredini, sl. 60. Na gornjim bočnim dijelovima kreirana je linija koja spaja točku koja određuje širinu ramenog šava i točku na liniji preklopa koja označava prednju sredinu, te je na taj način izdvojen i uklonjen dodatak za preklop na prednjem srednjem dijelu, sl. 61.

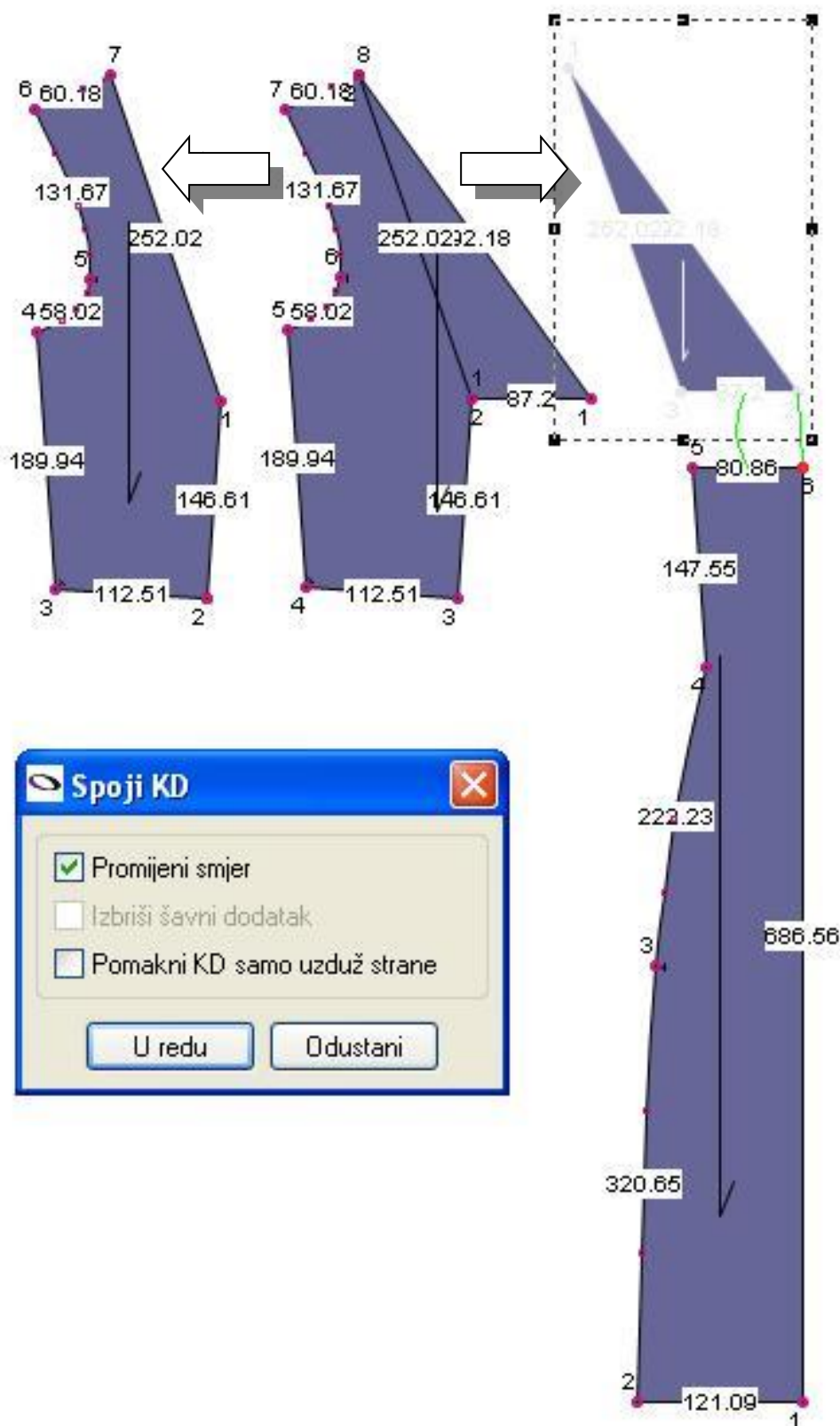


SI. 60 Uklanjanje šava na prednjoj sredini



SI. 61 Uklanjanje dodatka za preklop na bočnim dijelovima

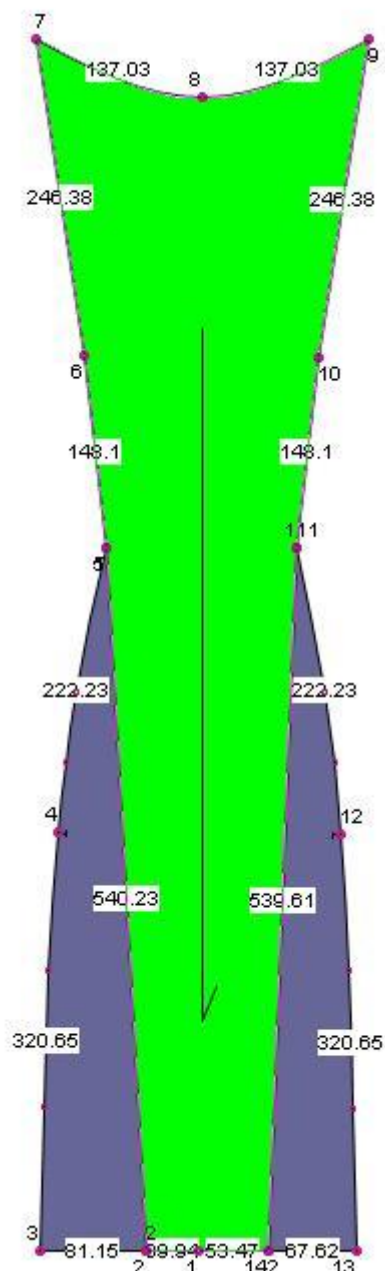
U drugoj fazi modeliranja na bočnim dijelovima je kreirana linija koja spaja rameni šav s prsnom točkom i izdvojeni dodatak je pripojen prednjem srednjem dijelu, sl. 62.



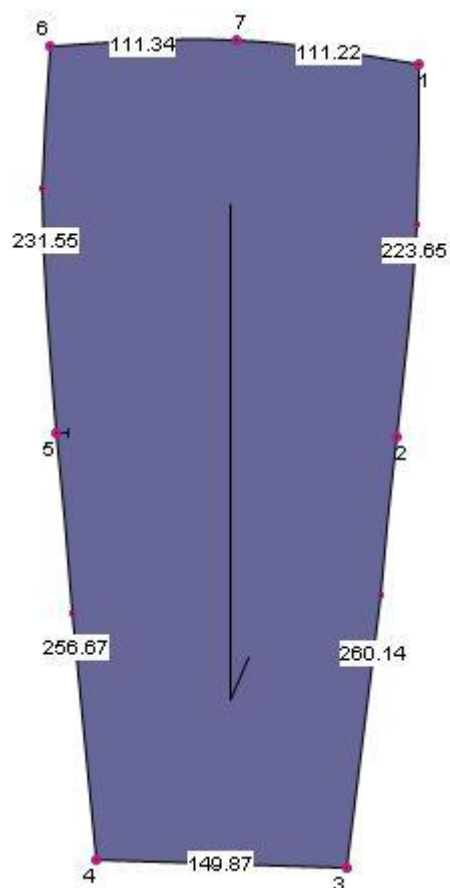
Sl. 62 Odvajanje dodatka na bočnom dijelu i pripajanje istog prednjem srednjem dijelu

Novokreirani prednji srednji dio je simetrično otvoren po liniji prednje sredine, oblikovano je suženje prema duljini kroja, te je gornji dio podignut i oblikovan u lađa vratni izrez, sl. 63.

U trećoj fazi modeliranja donji bočni dijelovi su suženi od linije bokova prema duljini kroja, sl. 64.



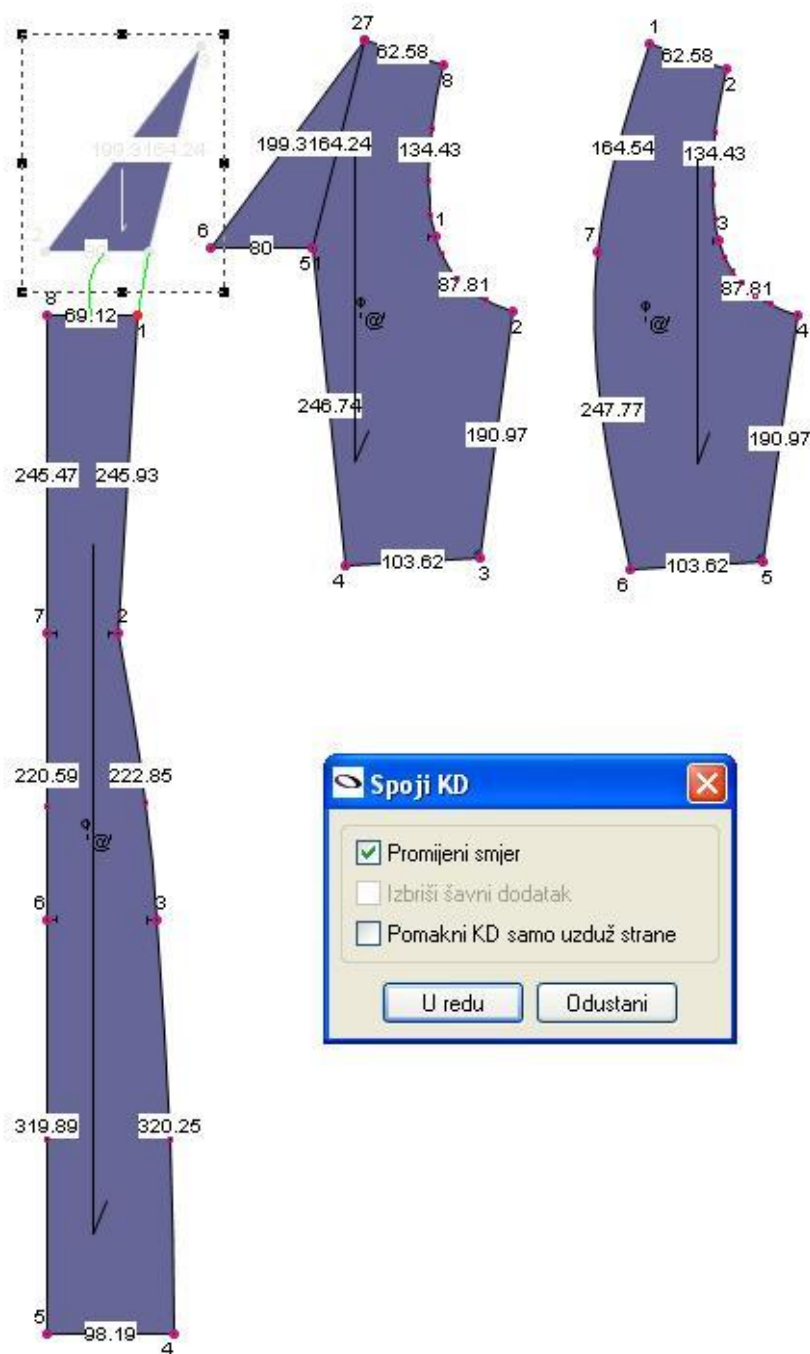
SI. 63 Oblikovanje prednjeg srednjeg dijela



SI. 64 Oblikovanje prednjih bočnih dijelova

Modeliranje stražnjih dijelova:

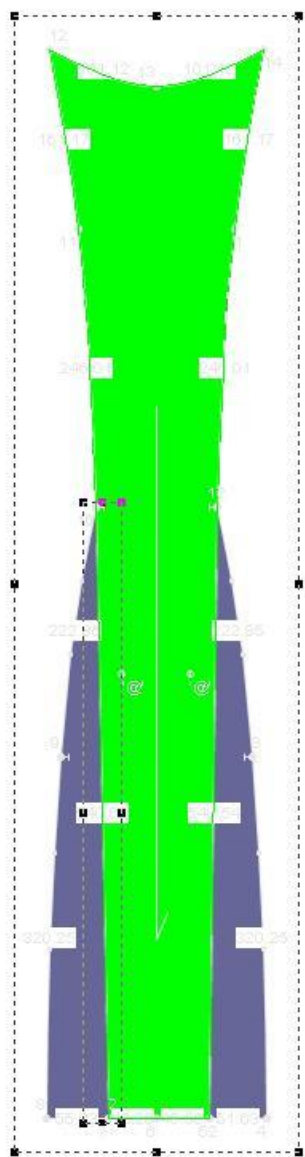
Stražnji srednji dijelovi također su poravnati vertikalno prema točki na liniji struka, te je stražnja sredina označena kao pregib materijala, bez šava na stražnjoj sredini. Na gornjim bočnim dijelovima također je odvojen dodatak koji je na stražnjoj sredini formirao v izrez, te je pripojen stražnjem srednjem dijelu, sl. 65.



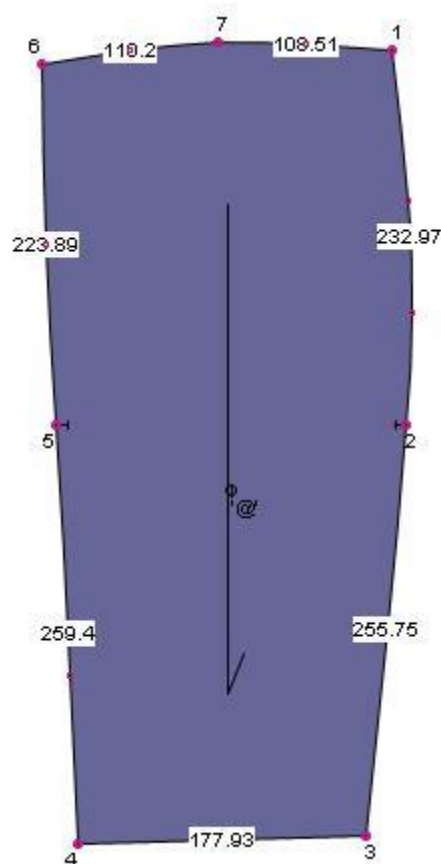
Sl. 65 Oblikovanje stražnjeg bočnog dijela i pripajanje dodatka na stražnji srednji dio

U idućoj fazi modeliranja, novokreirani stražnji srednji dio je simetrično otvoren prema liniji stražnje sredine, oblikovano je suženje prema duljini kroja, te je gornji srednji dio podignut i oblikovan je lađa vratni izrez, sl. 66.

Donji bočni dijelovi su suženi od linije bokova prema duljini kroja, sl. 67.



Sl. 66 Oblikovanje stražnjeg srednjeg dijela



Sl. 67 Oblikovanje stražnjeg bočnog dijela

Rezultati modeliranja svih krojnih dijelova modela ženske haljine prikazani su u poglavlju Rezultati, toč. 5.1.

4.3. Utvrđivanje mehaničkih svojstava materijala primjenom FAST mjernog sustava

Karakteristični parametri mehaničkih svojstava važni za računalnu 3D simulaciju odjeće [18] prikazani su u tab. 5.

Tab. 5 Pregled odabranih parametara mehaničkih svojstava koji se utvrđuju FAST mjernim sustavom

Svojstvo	Oznaka	Karakteristični parametri	Mjerna jedinica
Vlačna svojstva	E100 – 1	Rastezanje u smjeru osnove pri opterećenju od 98,07 cN	%
	E100 - 2	Rastezanje u smjeru potke pri opterećenju od 98,07 cN	%
Krutost savijanja	B – 1	Krutost savijanja u smjeru osnove	$\mu\text{N m}$
	B - 2	Krutost savijanja u smjeru potke	$\mu\text{N m}$
Smična svojstva	G	Smična krutost	Nm^{-1}
Kompresijska svojstva	hs	Debljina površinskog sloja tkanine	mm
Masa	W	Površinska masa tkanine	gm^{-2}

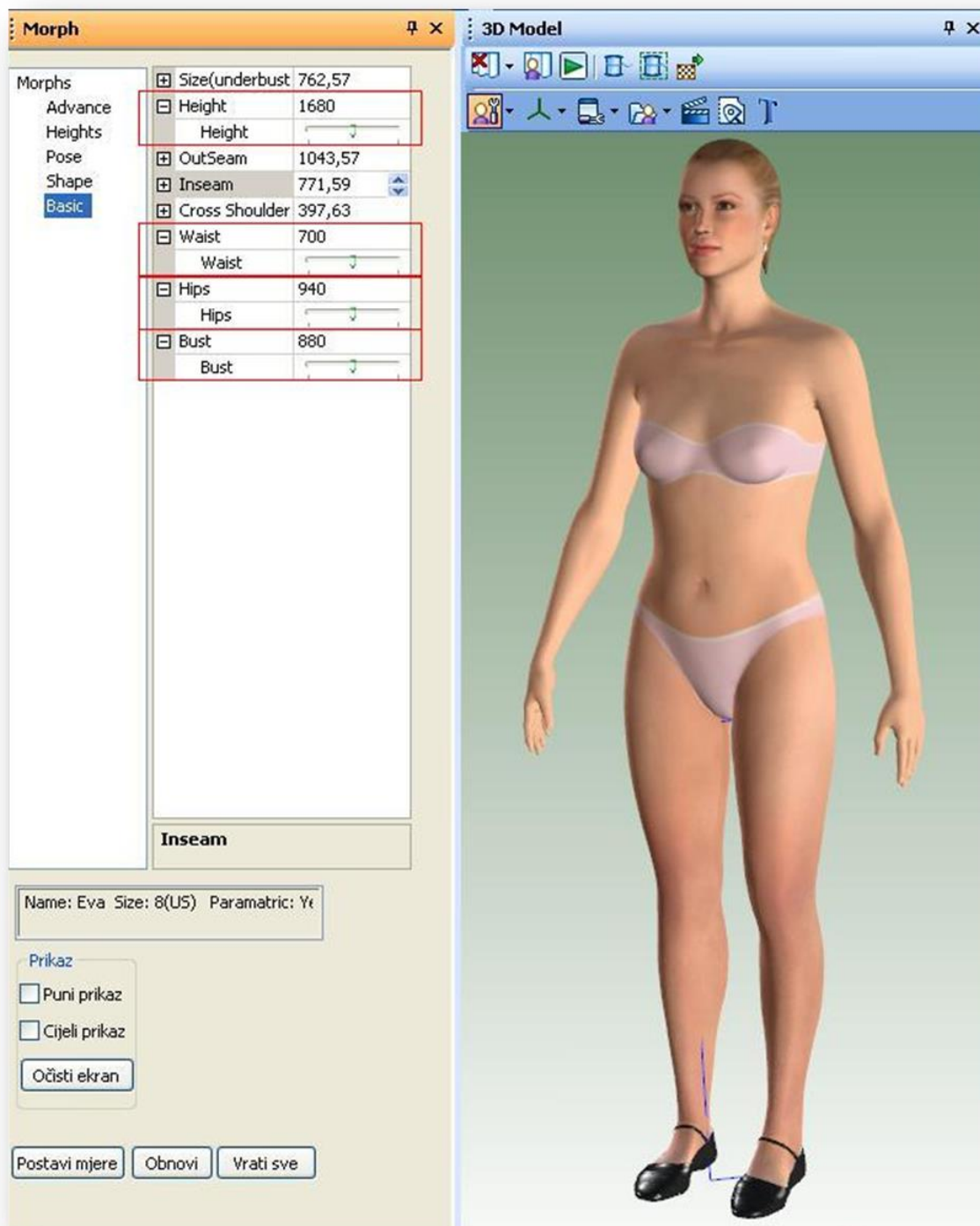
Rezultati utvrđivanja karakterističnih parametara mehaničkih svojstava za odabrani materijal i konvertiranje istih za unos u CAD sustav namjenjen 3D simulaciji odjeće prikazani su u poglavlju Rezultati, toč. 5.2.

4.4. Utvrđivanje svih potrebnih parametara i izvođenje računalnih 3D simulacija modela ženskih haljina

U nastavku su sustavno prikazani svi utvrđeni parametri, relevantni za izvođenje 3D simulacije modela ženskih haljina, prema metodi i parametrima opisanim u poglavlju 2, točka 2.3.2.

4.4.1. Prilagodba parametarskog modela tijela za odjevnju veličinu 38

Na sl. 68 prikazan je parametarski model ženskog tijela prilagođen za ispitivanje pristalosti modeliranog kroja ženske haljine odjevnju veličine 38.



Sl. 68 Parametarski oblik ženskog tijela prilagođen za odjevnju veličinu 38

4.4.2. Definiranje parametara krojnih dijelova i 3D pozicioniranje

Prema metodi opisanoj u poglavlju 2., točka 2.3.2.2. definirani su parametri krojnih dijelova za oba modela ženske haljine, te je izvedeno 3D pozicioniranje krojnih dijelova spram tijela na način da su krojni dijelovi pozicionirani u položaj što bliži onome u kojem će se nalaziti nakon izvođenja simulacije, sl. 69.



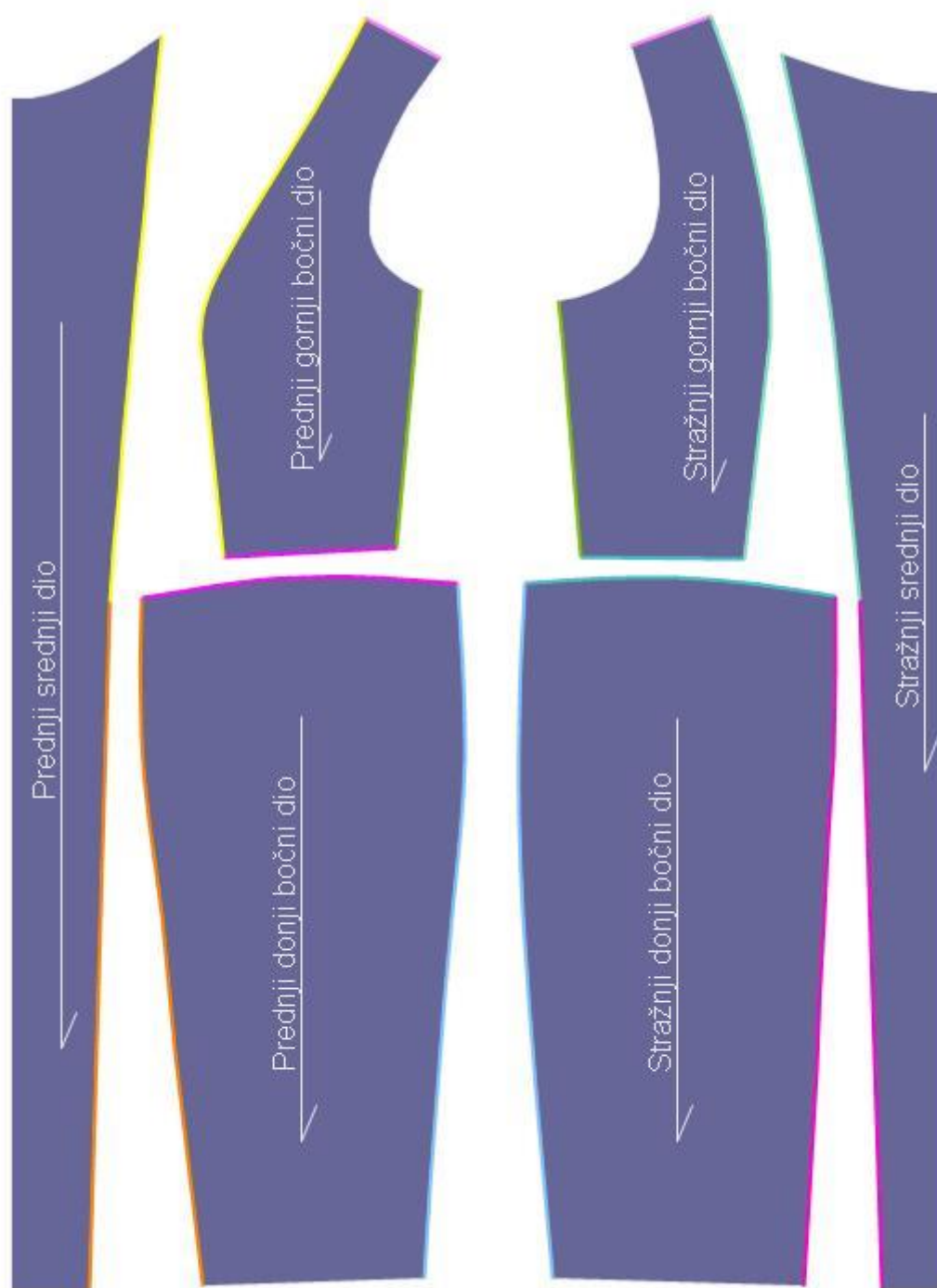
Sl. 69 Pozicioniranje krojnih dijelova na 3D modelu tijela

4.4.3. Definiranje segmenata spajanja krojnih dijelova

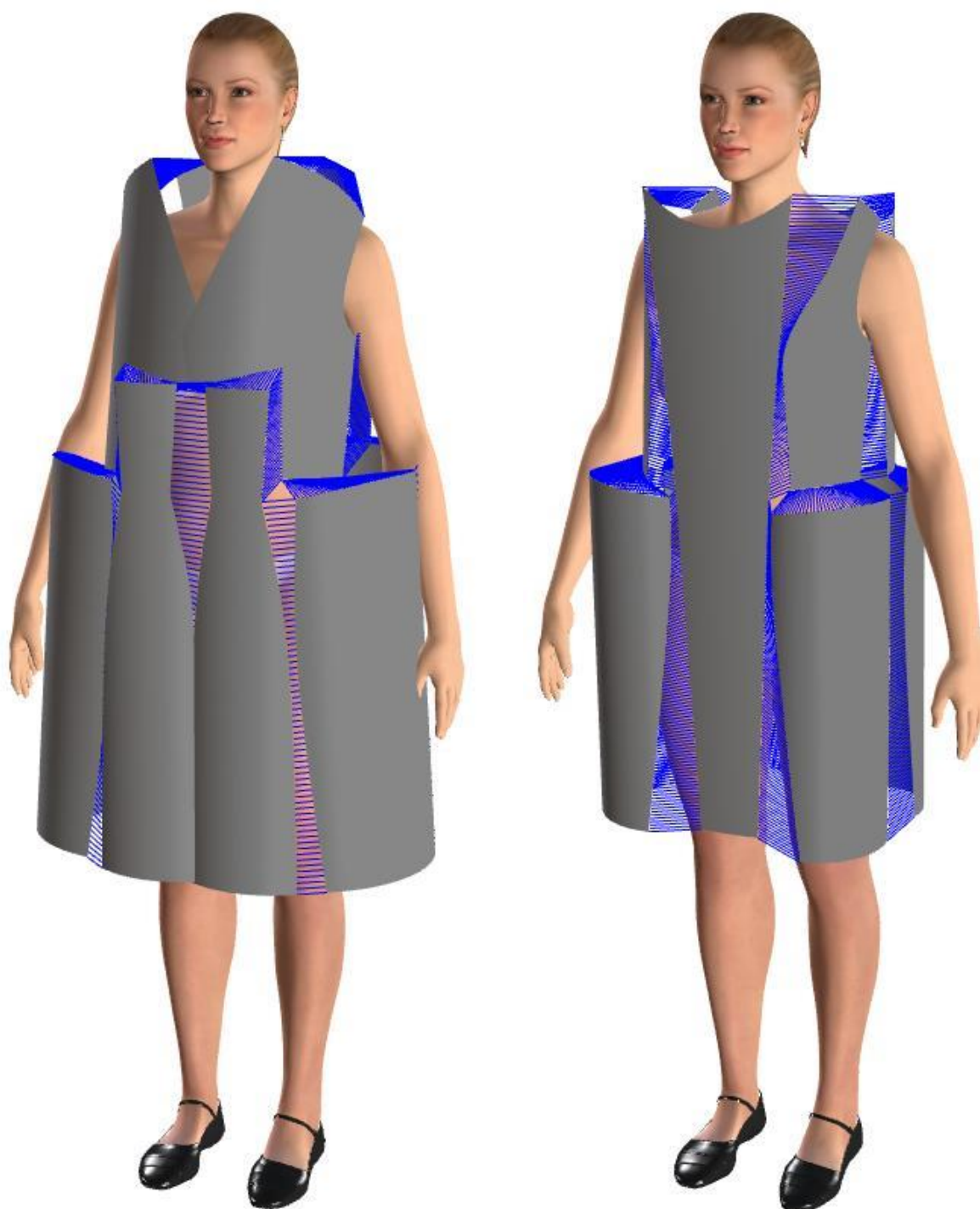
U narednom koraku potrebno je definirati i povezati segmente krojnih dijelova koji će se spajati u tijeku postupka računalne 3D simulacije, prilikom čega svaki utvrđeni par segmenata poprima drugačiju boju, sl. 70 i 71. Nakon definiranja segmenata spajanja na 2D krojnim dijelovima, izvedena je provjera istih na 3D prikazu, sl. 72.



Sl. 70 Krojni dijelovi s označenim segmentima koji se spajaju – MODEL 1



Sl. 71 Krojni dijelovi s označenim segmentima koji se spajaju – MODEL 2



Sl. 72 Verifikacija definiranih segmenata spajanja na 3D prikazu modela

4.4.4. Definiranje posebnih efekata simulacije

Od posebnih efekata simulacije koje omogućuje program za potrebe ovog istraživanja korišten je efekt tzv. napuhavanja donjeg dijela haljine, kako bi se postigla forma modela 1 prikazana na likovnom projektu, toč. 4.1.1., sl. 49.

4.4.5. 3D simulacija i ocjena pristalosti modeliranih krojeva

Na prethodno prikazani način definirani su svi potrebni parametri i provedena je 3D simulacija modeliranih krojeva ženske haljine sa svrhom verifikacije istih na način opisan u poglavlju 2, toč. 2.3.2.8.

Rezultati simulacije i verifikacija prikazani su u poglavlju Rezultati, toč. 5.3.

4.5. Gradiranje krojeva modela ženskih haljina primjenom CAD sustava konstrukcijske pripreme

Na temelju utvrđenih konstrukcijskih mjera odabranih gradiranih veličina izračunate su razlike mjera potrebne za gradiranje krojeva ženske odjeće, tab. 6 [34].

Tab. 6: Konstrukcijske mjere za gradiranje modela ženske haljine

mjere		36	Razlike mjera	38	Razlike mjera	40	Razlike mjera	42
Tv		168	1,6	169,6	1,6	171,2	1,6	172,8
Og		84	4	88	4	92	4	96
Os		66	4	70	4	74	4	78
Ob		90	4	94	4	98	4	102
Do	1/10 Og+10,5 cm	19,9	0,4	20,3	0,4	20,7	0,4	21,1
DI	¼ Tv -1 cm	41,0	0,4	41,4	0,4	41,8	0,4	42,2
Vb	3/8 Tv	63,0	0,6	63,6	0,6	64,2	0,6	64,8
Dk	5/8 Tv	105,0	1	106,0	1	107,0	1	108,0
Švi	1/20 Og+2 cm	6,2	0,2	6,4	0,2	6,6	0,2	6,8
Vpd	DI+1/20 Og-0,5 cm	44,7	0,6	45,3	0,6	45,9	0,6	46,5
ŠI	1/8 Og-5,5 cm	16,5	0,5	17,0	0,5	17,5	0,5	18,0
Šo	1/8 Og-1,5 cm	10,5	0,5	11,0	0,5	11,5	0,5	12,0
Šg	¼ Og-4 cm	18,5	1	19,5	1	20,5	1	21,5
Šs	¼ Os-1 cm	15,5	1	16,5	1	17,5	1	18,5

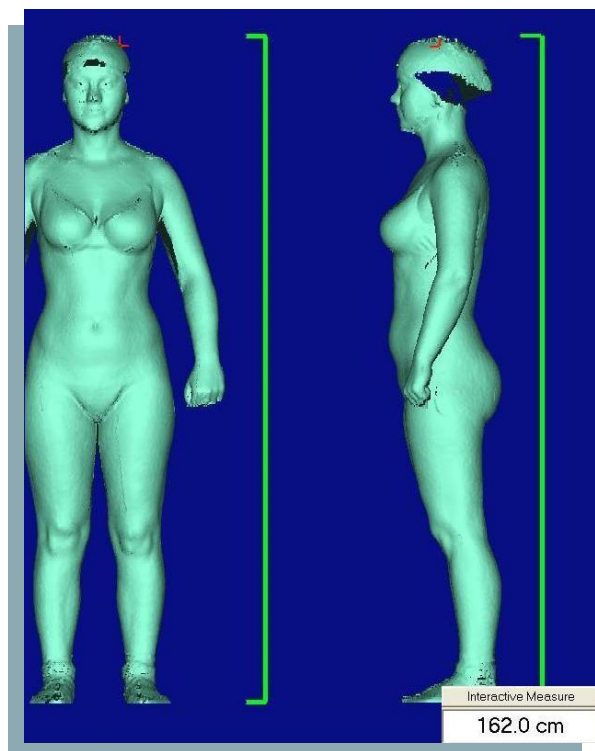
Rezultati gradiranja krojnih dijelova oba modela ženskih haljina prikazani su u poglavlju Rezultati, toč. 5.4.

4.6. Antropometrijska mjerenja tijela primjenom 3D skenera

Za potrebe antropometrijskog mjerenja u okviru ovog istraživanja korišten je laserski 3D skener tijela VITUS Smart i prateći računalni program ScanWorks V.2.7.2, [47]. Snimanje tijela izvodi se u vrlo kratkom vremenu u trajanje od svega desetak sekundi, pri čemu se kao rezultat računalno utvrđuje vrlo gusta skupina 3D točaka, raspoređenih u paralelne, vodoravno položene ravnine, uz rezoluciju točaka koja iznosi oko 1 mm u vodoravnoj i oko 2 mm u okomitoj ravnini. Svaka od kamera izvodi snimanje segmenta tijela te procesira podatke snimljenog segmenta u računalno. Pojedinačni segmenti računalno se spajaju u jednu 3D skupinu točaka koja opisuje oblik tijela.

4.6.1. Računalno utvrđivanje mjera i analiza tijela

U nastavku rada dat je prikaz računalnog utvrđivanja tjelesnih mjera na 3D skupini točaka, nastaloj kao rezultat snimanja osobe pomoću 3D skenera VITUS Smart. Pri tome su automatskim računalnim mjerenjem udaljenosti između definiranih pozicija mjernih točaka, te mjerenjem opsega pojedinih dijelova tijela utvrđene vrijednosti za ukupno 85 mjera na tijelu. Rezultati automatskog računalnog utvrđivanja mjera na tijelu generiraju se po završetku mjerenja u tablici pri čemu je za svaku utvrđenu mjeru dan grafički prikaz pozicije mjerenja na tijelu. Od ukupnog broja utvrđenih mjera, neke mjere su utvrđene odvojeno za lijevu i desnu stranu tijela, kao što je na primjer duljina ruke i ramena, vrijednost kuteva koji određuju nagib pojedinog ramena, duljina noge u koraku. Odvojeno su također mjerene i vrijednosti opsega pojedinih dijelova tijela kao što je opseg lijeve i desne nadlaktice, ručnog zgloba, noge u visini bedra, koljena, potkoljenice i skočnog zgloba. Dio od utvrđenih, karakterističnih mjera na tijelu, potrebnih za konstrukciju odjeće, prikazan je na sl. 73. do sl. 84.



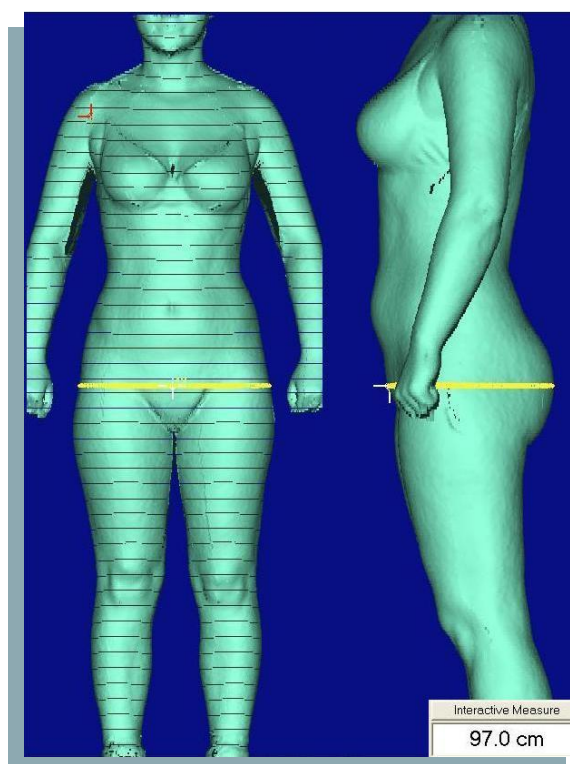
SI. 73 Mjerenje tjelesne visine



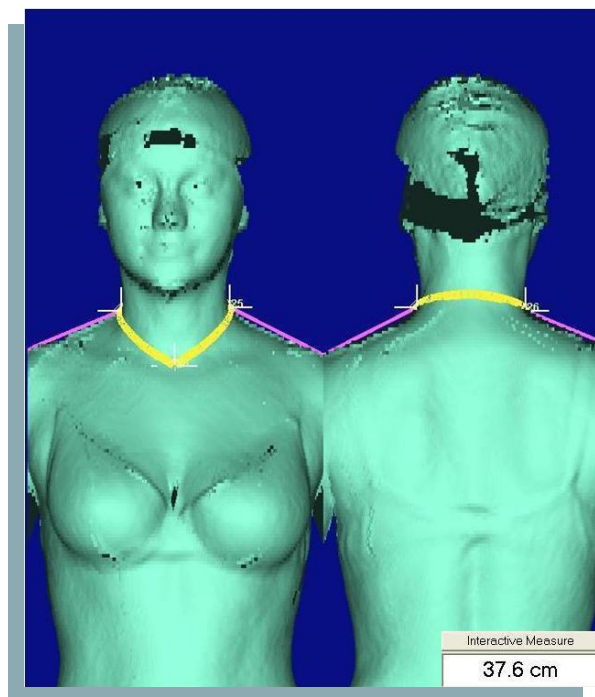
SI. 74 Mjerenje opsega grudi



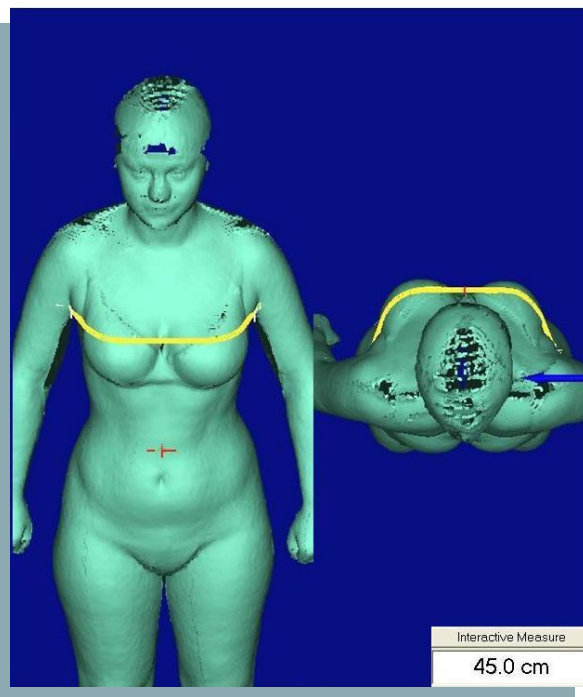
SI. 75 Mjerenje opsega struka



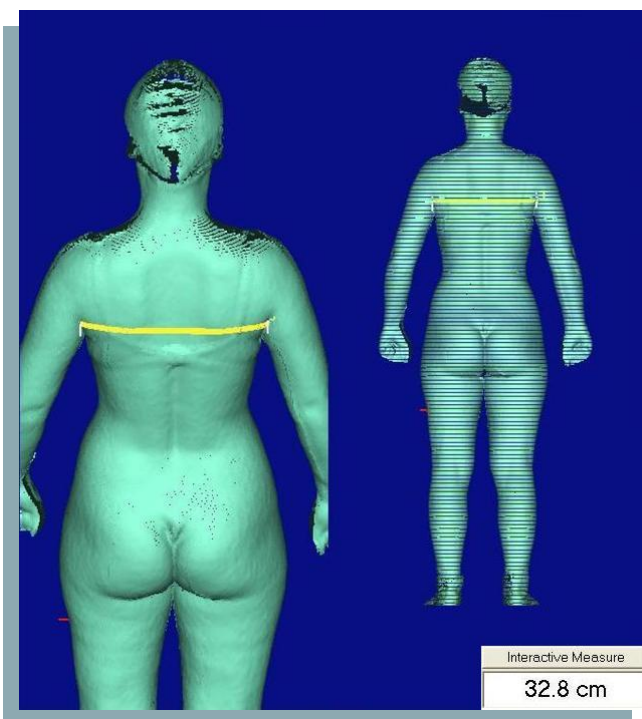
SI. 76 Mjerenje opsega bokova



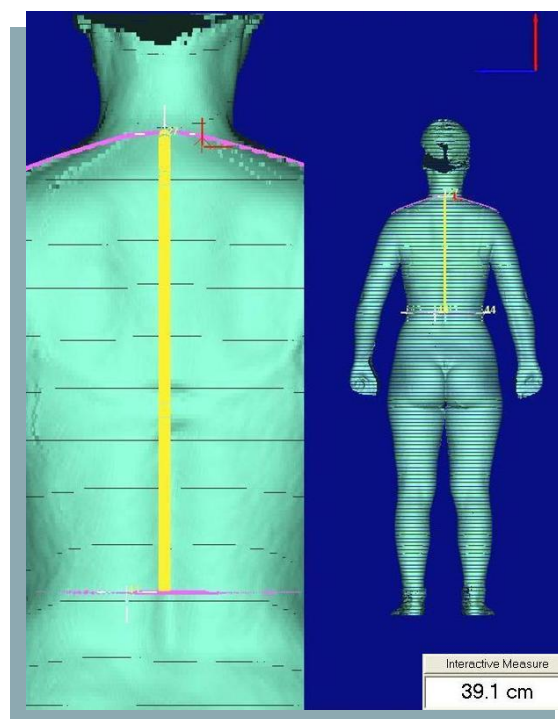
SI. 77 Mjerenje opsega vrata



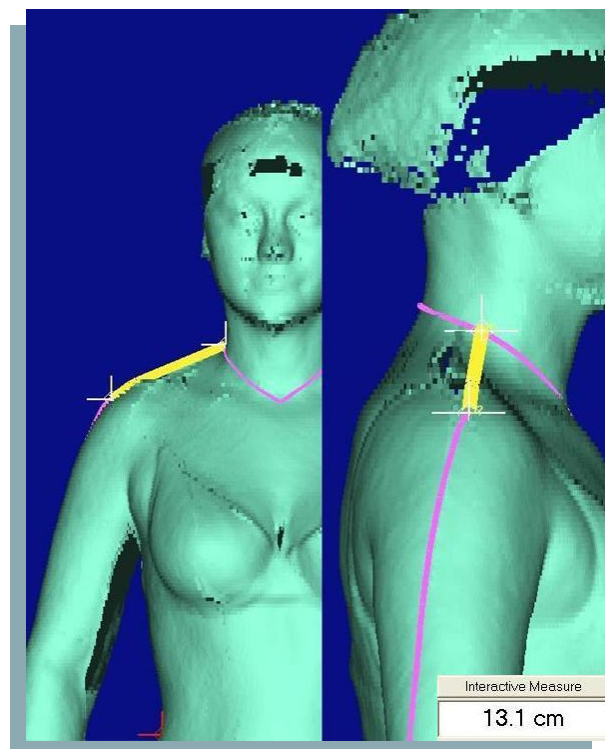
SI. 78 Mjerenje širine grudi



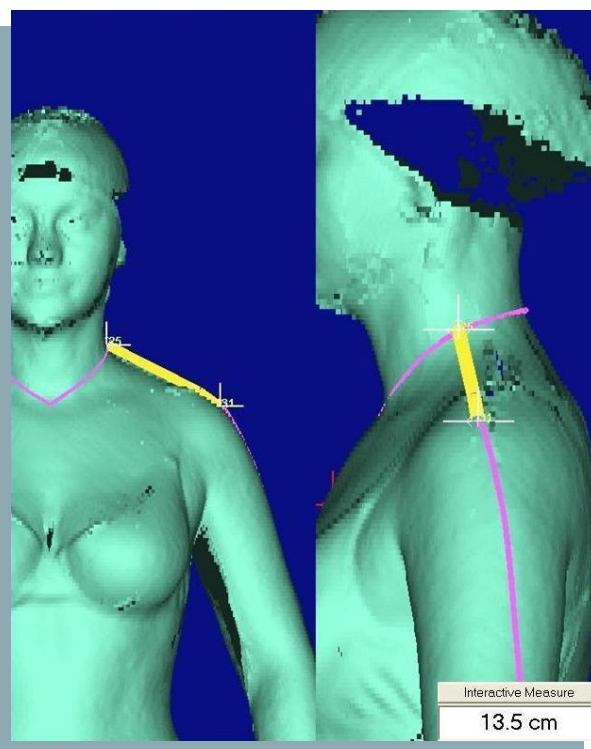
SI. 79 Mjerenje širine leđa



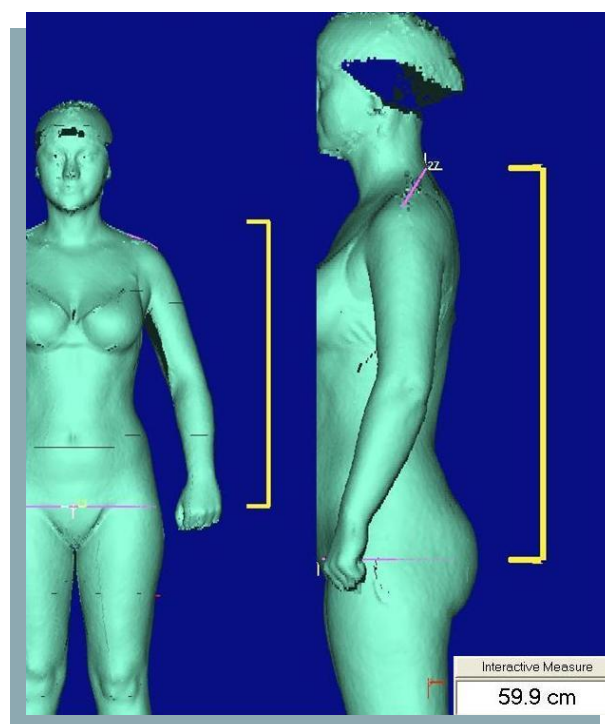
SI. 80 Mjerenje duljine leđa



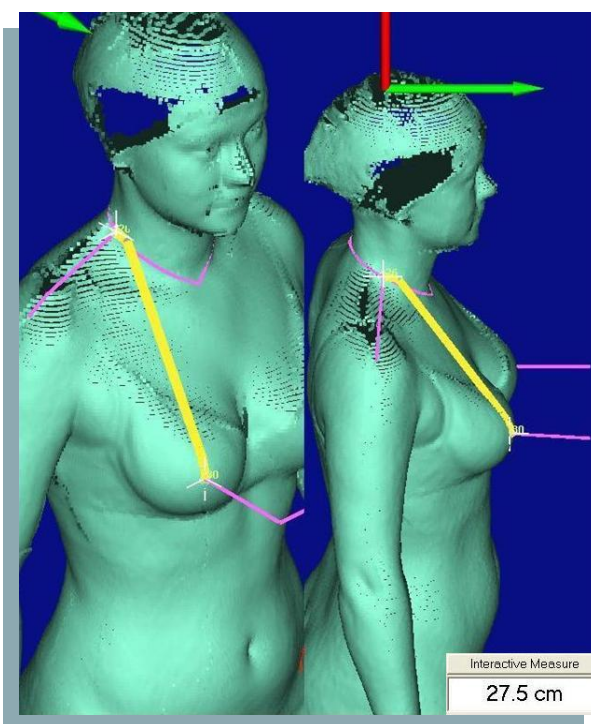
Sl. 81 Mjerenje širine desnog ramena



Sl. 82 Mjerenje širine lijevog ramena



Sl. 83 Mjerenje duljine između sedmog vratnog kralješka i bokova



Sl. 84 Mjerenje duljine između vrata i vrha grudi

Osim računalnog utvrđivanja mjera na tijelu, analizom modela tijela moguće je također dobiti informacije o držanju tijela, simetriji tijela te obliku pojedinih dijelova tijela, što je vrlo značajno za konstrukciju odjeće. Rotacijom modela tijela moguće je iz različitih pogleda sagledati sve detalje na tijelu i uočiti moguće nedostatke. Analiza držanja tijela izvodi se postupkom poravnavanja modela tijela s okomitom linijom. Analiza simetrije tijela u odnosu na centralnu os kralježnice omogućuje očitavanje asimetričnih mjera. Ravninskim presijecanjem moguće je očitati mjere opsega na bilo kojem dijelu tijela, te dobiti informaciju o obliku pojedinog poprečnog presjeka, pri čemu se krivulja pojedinog opsega dobiva kao sjecište ravnine i modela.

Primjenom opisanog 3D skenera u okviru istraživanja provedeno je mjerenje antropometrijskih mjera za tri ispitanice, a rezultati provedenih mjerenja prikazani su u poglavlju Rezultati, toč. 5.5. Vrijednosti mjera za sve tri ispitanice pohranjene su u bazu 2D/3D CAD sustava za računalnu konstrukciju i simulaciju odjeće.

4.7. Utvrđivanje razvojnih koraka i matematičkih izraza za prevođenje 2D krojnih dijelova iz vektorskog u parametarski oblik zapisa

Na temelju prethodno opisanog postupka u poglavlju 2, točka 2.3.3. definirane su sve potrebne fiksne točke, osi i mjere na krojnim dijelovima modela ženskih haljina, te je u narednom koraku potrebno za ciljano odabrane glavne tjelesne mjere utvrditi matematičke izraze, na temelju kojih će se izvoditi preračunavanje određenih setova prethodno definiranih mjera s ciljem postizanja točno određene vrijednosti ciljane mjere.

Vrijednosti svih utvrđenih mjera na linijama grudi, struka i bokova modela 1 ženske haljine prikazane su u tab. 7. do tab. 9.

Tab. 7 Vrijednosti mjera na liniji grudi [mm] – MODEL 1

VEL.	GS1	GS2	GS3	SOP	GP1	GP2	½ OG	OG
36	77,00	72,00	69,30	28,70	96,20	86,86	430,06	860,12
38	80,00	75,00	79,30	38,70	96,20	90,90	460,10	920,02
40	83,00	78,00	89,30	48,70	96,20	94,86	509,86	1019,72
42	86,00	81,00	99,30	58,70	96,20	98,86	520,06	1040,12

Tab. 8 Vrijednosti mjera na liniji struka [mm] – MODEL 1

VEL.	SSD	SSGD1	SSGD2	PGD	PD	1/2 OS	OS
36	54.84	50.25	53.64	114.2	72.09	345.02	690,04
38	57,84	53,73	57,14	120,24	76,09	365,04	730,08
40	60.84	57.22	60.64	126.18	80.09	384.96	769,92
42	63.84	60.71	64.14	132.17	84.09	404.93	809,86

Tab. 9 Vrijednosti mjera na liniji bokova [mm] – MODEL 1

VEL.	SD	SBD	PBD	PD	1/2 OB	OB
36	107,28	262,76	257,93	139,42	767,38	1534,76
38	110,28	269,76	263,93	143,42	787,38	1574,76
40	113,28	276,76	269,93	147,42	807,38	1614,76
42	116,28	283,76	275,93	151,42	827,38	1654,76

Vrijednosti svih utvrđenih mjera na linijama grudi, struka i bokova modela 2 ženske haljine prikazane su u tab. 10. do tab. 12.

Tab. 10 Vrijednosti mjera na liniji grudi [mm] – MODEL2

VEL.	GPB1	GPS	GPB2	GSB1	GSS	GSB2	OG
36	145,80	157,00	145,80	138,90	140,70	138,90	867,10
38	152,20	165,6	152,20	146,50	146,90	146,50	909,90
40	157,90	174,30	157,90	154,00	153,30	154,00	951,40
42	163,50	183,00	163,50	159,80	159,80	159,80	989,40

Tab. 11 Vrijednosti mjera na liniji struka [mm] – MODEL 2

VEL.	SPB1	SPS	SPB2	SSB1	SSS	SSB2	OS
36	115,10	128,10	115,10	108,10	112,90	108,10	687,40
38	121,10	136,70	121,10	115,10	119,10	115,10	728,20
40	127,10	145,30	127,10	122,10	125,40	122,10	769,10
42	133,10	154,00	133,10	129,00	131,60	129,00	809,80

Tab. 12 Vrijednosti mjera na liniji bokova [mm] – MODEL 2

VEL.	BPB1	BPS	BPB2	BSB1	BSS	BSB2	OB
36	197,40	105,60	197,40	203,30	99,70	203,30	1000,70
38	203,40	114,20	203,40	210,30	106,00	210,30	1047,60
40	209,40	122,80	209,40	217,30	112,20	217,30	1088,40
42	215,40	113,50	215,40	224,30	118,5	224,30	1111,40

4.7.1. Utvrđivanje matematičkih izraza za preračunavanje vrijednosti pojedinih mjera na krojnim dijelovima prema odabranoj glavnoj tjelesnoj mjeri

Na temelju prethodno utvrđenih mjera na krojnim dijelovima, u narednom koraku je potrebno za ciljano odabrane glavne tjelesne mjere utvrditi matematičke izraze, na temelju kojih će se izvoditi preračunavanje određenih setova prethodno definiranih mjera s ciljem postizanja točno određene vrijednosti ciljane mjere. Za odabrane krojeve modela ženske haljine utvrđivanje ovih matematičkih izraza je provedeno za ciljane mjere opsega grudi, opsega struka i opsega bokova, što je prikazano u nastavku rada.

4.7.1.1. Utvrđivanje matematičkih izraza za prilagodbu kroja ženske haljine – model 1

Od prethodno definiranih mjera na krojnim dijelovima odabrani su setovi mjera čiji zbir daje podatke o opsegu kroja na liniji grudi, tab. 13.

Tab. 13 Set mjera na liniji grudi – MODEL 1

Ime mjere	Objašnjenje mjere	Vrijednost mjere (cm)	Udio mjere u konačnom opsegu (%)
GS1	Grudi - straznji dio 1	8	17
GS2	Grudi - straznji gornji dio 2	7,5	16
GS3	Grudi - straznji gornji dio 3	7,93	17
SOP	Širina orkavlja – prednji dio	3,87	9
GP1	Grudi - prednji dio 1	9,62	21
GP2	Grudi - prednji dio 2	9,09	20
Σ 1/2		46,01	100
Σ		92,02	

Na temelju vrijednosti prikazanih u tab. 9 utvrđen je matematički izraz za izračun opsega haljine na liniji grudi sa dodanom komocijom:

$$O.GRUDI\ 1 = (GS1 + GS2 + GS3 + SOP + GP1 + GP2) \times 2 \quad (1)$$

S obzirom da glavna tjelesna mjera opsega grudi za vel. 38 iznosi 88 cm, potrebno je matematički izraz prilagoditi tako da se izračunata vrijednost umanji za iznos komocije tijela kako bi konačni iznos mjere bio 88 cm, te dodatno pomnožiti sa koeficijentom dodatka za komociju kako bi se struk mogao prilagođavati različitim vrijednostima opsega:

$$O.GRUDI = O.GRUDI\ 1 \times \text{koeficijent komocije} \quad (2)$$

Od prethodno definiranih mjera na krojnim dijelovima odabran je set mjera čiji zbir daje podatke o opsegu kroja na liniji struka, tab. 14.

Tab. 14 Set mjera na liniji struka – MODEL 1

Ime mjere	Objašnjenje mjere	Vrijednost mjere (cm)	Udio mjere u konačnom opsegu (%)
SSD	Struk - straznji dio	5,78	16
SSGD1	Struk - straznji gornji dio	5,35	15
SSGD2	Struk - straznji gornji dio	5,71	16
SPGD	Struk - prednji gornji dio	12	32
SPD	Struk - prednji dio	7,61	21
Σ 1/2		36,45	100
Σ		72,90	

Iz označenih mjera na liniji struka prikazanih u tab. 10 potrebno je odrediti matematičke izraze za izračunavanje izvedenih mjera opsega struka na donjim bočnim dijelovima s obzirom na nabiranje tih dijelova na liniji struka. U tom smislu početno je potrebno staviti u odnos mjere na liniji struka gornjih dijelova u odnosu na donje dijelove, što je prikazano slijedećim izrazima:

$$(SGD)\ SSGD1 = SSGD1 \times \text{koeficijent nabiranja 1} \quad (3)$$

$$(SGD)\ SSGD2 = SSGD2 \times \text{koeficijent nabiranja 2} \quad (4)$$

$$(PGD)\ SPGD = SPGD \times \text{koeficijent nabiranja 3} \quad (5)$$

Na temelju vrijednosti utvrđenih prema prethodnim izrazima utvrđen je matematički izraz za izračun opsega haljine na liniji struka sa dodanom komocijom:

$$O.STRUK\ 1 = (SSD + SSGD1 + SSGD2 + SPGD + SPD) \times 2 \quad (6)$$

S obzirom da glavna tjelesna mjera opsega struka za vel 38 iznosi 70 cm, potrebno je matematički izraz prilagoditi tako da se izračunata vrijednost umanjuje za iznos komocije tijela kako bi konačni iznos mjere bio 70 cm, te dodatno pomnožiti sa koeficijentom dodatka za komociju kako bi se struk mogao prilagođavati različitim vrijednostima opsega:

$$O.STRUK = O.STRUK\ 1 \times \text{koeficijent dodatka za komociju} \quad (7)$$

Od prethodno definiranih mjera odabran je set mjera čiji zbir koji daje podatke o opsegu kroja na liniji bokova, tab. 15.

Tab. 15 Set mjera na liniji bokova – MODEL 1

Ime mjere	Objašnjenje mjere	Vrijednost mjere (cm)	Udio mjere u konačnom opsegu (%)
BSD	Bokovi - straznji dio	11,03	14
BSBD	Bokovi - straznji bočni dio	26,98	34
BPBD	Bokovi - prednji bočni dio	26,39	34
BPD	Bokovi - prednji dio	14,34	18
Σ 1/2		78,74	100
Σ		157,48	

Iz označenih mjera na liniji bokova, prikazanih u tab. 11, potrebno je početno staviti u odnos mjere na liniji bokova u odnosu na mjere na duljini kroja, što je prikazano slijedećim izrazima:

$$(SD) \quad BSD = BSD \times \text{koeficijent promjene širine 1} \quad (8)$$

$$(SBD) \quad BSBD = BSBD \times \text{koeficijent promjene širine 2} \quad (9)$$

$$(PBD) \quad BPBD = BPBD \times \text{koeficijent promjene širine 3} \quad (10)$$

$$(PD) \quad BPD = BPD \times \text{koeficijent promjene širine 4} \quad (11)$$

Na temelju vrijednosti utvrđenih prema prethodnim izrazima utvrđen je matematički izraz za izračun opsega haljine na liniji bokova :

$$O.BOKA\ 1 = (BSD + BSBD + BPBD + BPD) \times 2 \quad (12)$$

Prethodno utvrđena vrijednost množi se s koeficijentom za prilagodbu opsega haljine na liniji bokova različitim vrijednostima tjelesne mjere opsega bokova:

$$O.BOKA = O.BOKA\ 1 \times \text{koeficijentom za prilagodbu opsega haljine} \quad (13)$$

4.7.1.2. Utvrđivanje matematičkih izraza za prilagodbu kroja ženske haljine – model 2

Od prethodno definiranih mjera na krojnim dijelovima odabrani su setovi mjera čiji zbir daje podatke o opsegu kroja na liniji grudi, tab. 16.

Tab. 16 Set mjera na liniji grudi – MODEL 2

Ime mjere	Objašnjenje mjere	Vrijednost mjere (cm)	Udio mjere u konačnom opsegu (%)
GPB1	Grudi - prednji bočni dio 1	15,22	16,73
GPD	Grudi - prednji dio	16,56	18,20
GPB2	Grudi - prednji bočni dio 2	15,22	16,73
GSB1	Grudi - stražnji bočni dio 1	3,87	16,10
GSS	Grudi – stražnji dio	9,62	16,14
GSB2	Grudi - stražnji bočni dio2	9,09	16,10
Σ		90,99	100

Na temelju vrijednosti prikazanih u tab. 9 utvrđen je matematički izraz za izračun opsega haljine na liniji grudi sa dodanom komocijom:

$$O.GRUDI\ 1 = GPB1 + GPD + GPB2 + GSB1 + GSS + GSB2 \quad (14)$$

S obzirom da glavna tjelesna mjera opsega grudi za vel. 38 iznosi 88 cm, potrebno je matematički izraz prilagoditi tako da se izračunata vrijednost umanji za iznos komocije tijela kako bi konačni iznos mjere bio 88 cm, te dodatno pomnožiti sa koeficijentom dodatka za komociju kako bi se struk mogao prilagođavati različitim vrijednostima opsega:

$$O.GRUDI = (GPB1 + GPD + GPB2 + GSB1 + GSS + GSB2) \times \text{koeficijent komocije} \quad (15)$$

Od prethodno definiranih mjera na krojnim dijelovima odabran je set mjera čiji zbir daje podatke o opsegu kroja na liniji struka, tab. 17.

Tab. 17 Set mjera na liniji struka – MODEL 2

Ime mjere	Objašnjenje mjere	Vrijednost mjere (cm)	Udio mjere u konačnom opsegu (%)
SPB1	Struk - prednji bočni dio 1	12,09	16,57
SPS	Struk - prednji srednji dio	13,80	18,92
SPB2	Struk - prednji bočni dio 2	12,09	16,57
SSB1	Struk - stražnji bočni dio 1	11,50	15,77
SSS	Struk - stražnji srednji dio	11,96	16,40
SSB2	Struk - stražnji bočni dio 2	11,50	15,77
Σ		72,94	100

Iz označenih mjera na liniji struka prikazanih u tab. 10 potrebno je odrediti matematičke izraze za izračunavanje izvedenih mjera opsega struka na donjim bočnim dijelovima s obzirom na nabiranje tih dijelova na liniji struka. U tom smislu početno je potrebno staviti u odnos mjere na liniji struka gornjih dijelova u odnosu na donje dijelove, što je prikazano slijedećim izrazima:

$$SPB1 = SPB2 = SPB$$

$$SPBD = SPB \times \text{koeficijent nabiranja 1} \quad (16)$$

$$SSB1 = SSB2 = SSB$$

$$SSBD = SSB \times \text{koeficijent nabiranja 2} \quad (17)$$

Na temelju vrijednosti utvrđenih prema prethodnim izrazima utvrđen je matematički izraz za izračun opsega haljine na liniji struka sa dodanom komocijom:

$$O.STRUK = SPB1 + SPS + SPB2 + SSB1 + SSS + SSB2 \quad (18)$$

S obzirom da glavna tjelesna mjera opsega struka za vel 38 iznosi 70 cm, potrebno je matematički izraz prilagoditi tako da se izračunata vrijednost umanjuje za iznos komocije tijela (u ovom slučaju 2,91 cm) kako bi konačni iznos mjere bio 70 cm, te dodatno pomnožiti sa koeficijentom dodatka za komociju kako bi se struk mogao prilagođavati različitim vrijednostima opsega:

$$O.STRUK = (SPB1 + SPS + SPB2 + SSB1 + SSS + SSB2) \times \text{koeficijent komocije} \quad (19)$$

Od prethodno definiranih mjera odabran je set mjera čiji zbir koji daje podatke o opsegu kroja na liniji bokova, tab. 18.

Tab. 18 Set mjera na liniji bokova – MODEL 2

Ime mjere	Objašnjenje mjere	Vrijednost mjere (cm)	Udio mjere u konačnom opsegu (%)
BPB1	Bokovi - prednji bočni dio 1	21,15	19,90
BPS	Bokovi - prednji srednji dio	11,37	10,70
BPB2	Bokovi - prednji bočni dio 2	21,15	19,90
BSB1	Bokovi - stražnji bočni dio 1	21,03	19,78
BSS	Bokovi - stražnji srednji dio	10,57	9,94
BSB2	Bokovi - stražnji bočni dio 2	21,03	19,78
Σ		106,30	

Iz označenih mjera na liniji bokova, prikazanih u tab. 11, potrebno je početno staviti u odnos mjere na liniji bokova u odnosu na mjere na duljini kroja, što je prikazano slijedećim izrazima:

$$BPB1 = BPB2 = BPB$$

$$BPBD = BPB \times \text{koeficijent promjene širine 1} \quad (20)$$

$$BPSD = BPS \times \text{koeficijent promjene širine 2} \quad (21)$$

$$BSB1 = BSB2 = BSB$$

$$BSBD = BSB \times \text{koeficijent promjene širine 3} \quad (22)$$

$$BSSD = BSS \times \text{koeficijent promjene širine 4} \quad (23)$$

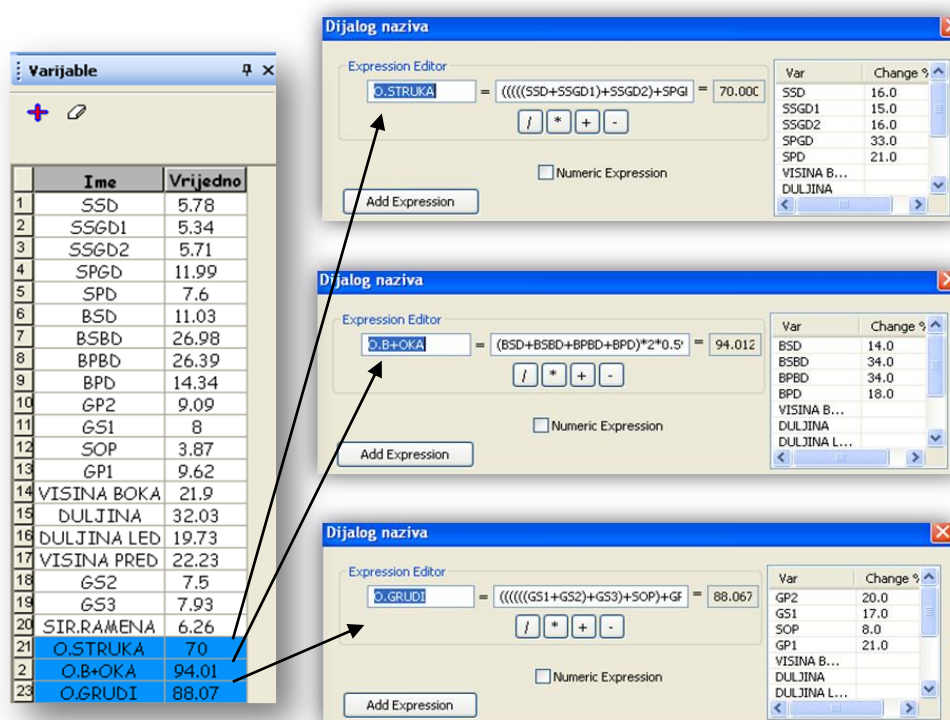
Na temelju vrijednosti utvrđenih prema prethodnim izrazima utvrđen je matematički izraz za izračun opsega haljine na liniji bokova :

$$O.BOKA 1 = BPB1 + BPS + BPB2 + BSB1 + BSS + BSB2 \quad (24)$$

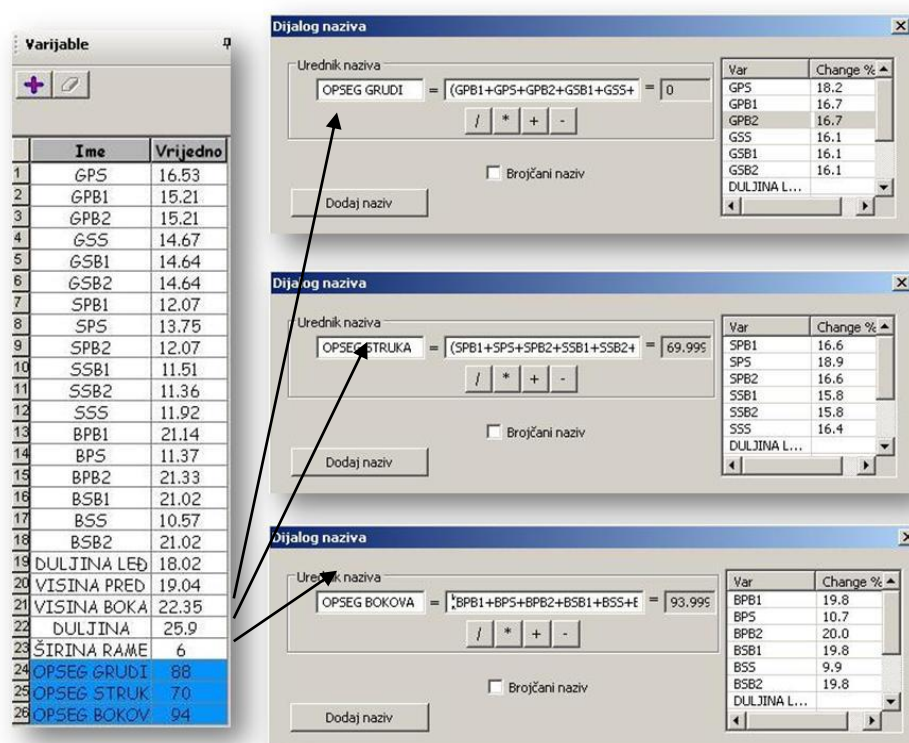
Prethodno utvrđena vrijednost množi se s koeficijentom za prilagodbu opsega haljine na liniji bokova različitim vrijednostima tjelesne mjere opsega bokova:

$$O.BOKA = O.BOKA 1 \times \text{koeficijentom za prilagodbu opsega haljine} \quad (25)$$

Na temelju utvrđenih izraza u programu Modulate su izračunate konkretne vrijednosti ciljanih opsega za oba modela ženske haljine, sl. 85 i 86.



SI. 85 Izračun mjera opsega struka, bokova i grudi u programu *Modulate* na temelju prethodno utvrđenih matematičkih izraza – MODEL 1



SI. 86 Izračun mjera opsega struka, bokova i grudi u programu *Modulate* na temelju prethodno utvrđenih matematičkih izraza – MODEL 2

Na temelju svih razvijenih i prethodno prikazanih matematičkih izraza definirani su odnosi između ključnih segmenata kontura krojnih dijelova koji omogućuju prilagodbu parametarskog kroja prema antropometrijskim karakteristikama tijela pojedine osobe u slijedećoj fazi rada. U tom smislu definirana pravila promjena krojnih dijelova na modelu 1 ženske haljine potrebno je aplicirati na drugu polovinu kroja s obzirom da se radi o simetričnim krojnim dijelovima.

Rezultati parametrizacije krojeva i prikaz svih definiranih mjera dan je u poglavlju Rezultati, toč. 5.6. i 5.7.

4.8. Računalna prilagodba parametarskih krojeva modela haljina i računalnog modela tijela mjerama ispitanica te izvođenje 3D simulacija prilagođenih krojeva

U ovoj fazi rada, iz baze podataka o antropometrijskim mjerama za tri ispitanice koje su prethodno utvrđene primjenom 3D skenera tijela, toč. 4.6., izvedena je prilagodba računalnog modela tijela. Za svaku ispitanicu je prema njenim antropometrijskim mjerama izvedena i prilagodba prethodno razvijenog računalnog parametarskog modela kroja. Izvedena je računalna 3D simulacija modela haljine za svaku ispitanicu pri čemu je i ovdje za svaku od njih definiran sustavni niz parametara prethodno opisan u toč. 4.4.

Konačan ishod za sve simulacije prikazan je u poglavlju Rezultati, toč. 5.8.

4.9. Ocjena pristalosti simuliranih modela

Po završetku simulacije potrebno je ocjeniti pristalost svakog simuliranog modela sa svrhom verifikacije svih prethodno izvedenih aktivnosti. Ocjena pristalosti provedena je na način prethodno opisan u poglavlju 2, toč. 2.3.2.8.

Konačan ishod za sve simulacije i verifikacija istih prikazani su u poglavlju Rezultati, toč. 5.8.

4.10. Aplikacija boja i tekstura na 3D modele ženskih haljina

Sa svrhom realistične vizualizacije simuliranih modela, u završnoj fazi su na površine krojnih dijelova aplicirane različite boje i teksture na način prethodno opisan u poglavlju 2, toč. 2.3.2.7.

Rezultati aplikacije boja i tekstura prikazani su u poglavlju Rezultati, toč. 5.9.

4.11. Izrada krojnih slika primjenom CAD sustava konstrukcijske pripreme

Na način opisan u poglavlju 2, toč. 2.3.4. definirani su svi potrebni parametri krojne naslage i krojnih dijelova te je izvedeno uklapanje krojnih dijelova u krojnu sliku primjenom aplikacije automatskog uklapanja.

Rezultati uklapanja krojnih dijelova u krojnu sliku prikazan je u poglavlju Rezultati, toč. 5.10.

4.12. Izrada realnog prototipa parametarskog modela 1 ženske haljine prilagođenog mjerama ispitanice 1

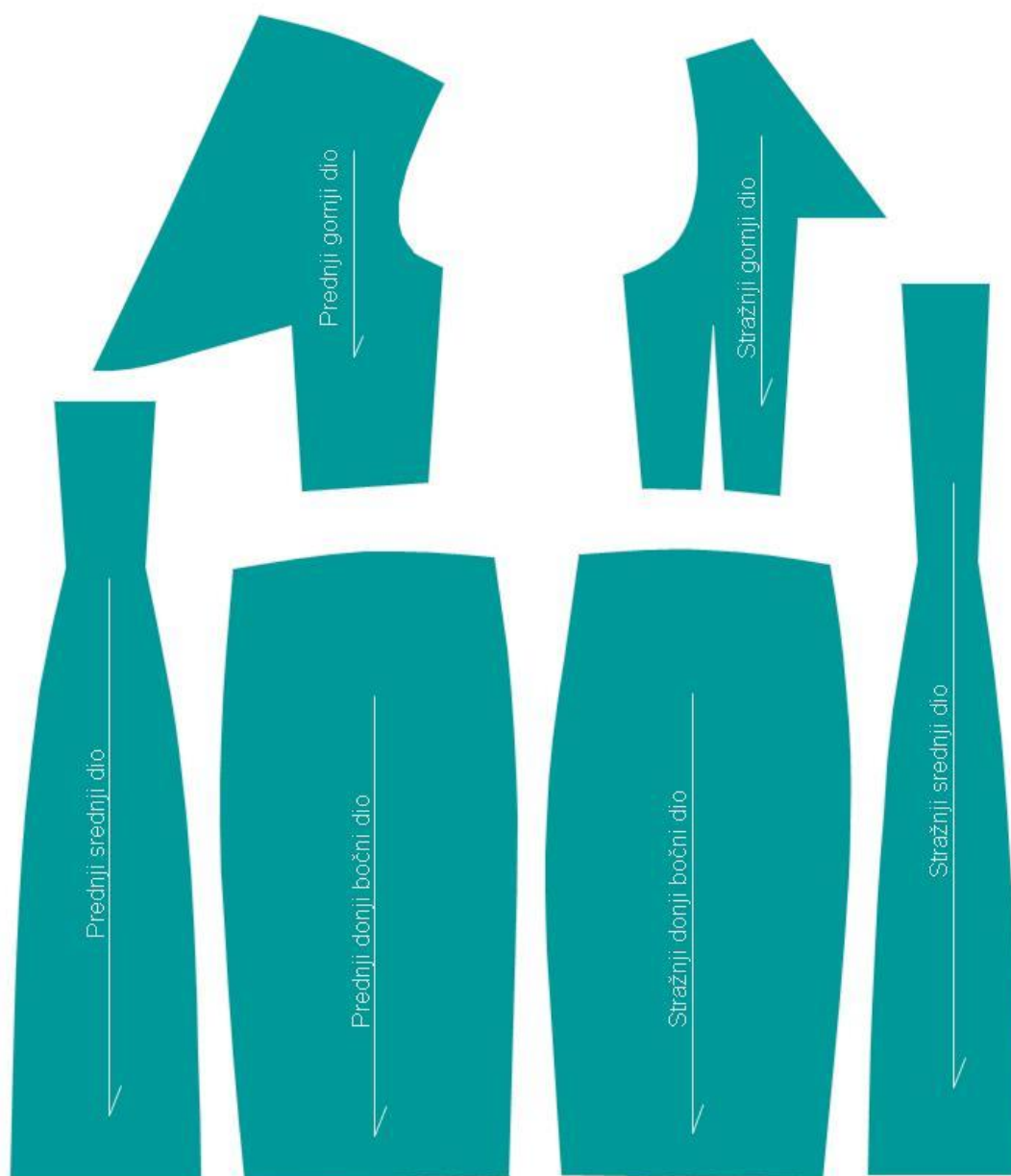
Primjenom agregata za iskrojavaje opisanog u poglavlju 2, toč. 2.2.2. izvedeno je iskrojavanje krojnih dijelova parametarskog modela 1 prilagođenog mjerama ispitanice 1, te je izrađen realni prototip modela sa svrhom usporedbe s računalnim prototipom i verifikacije kroja, što je prikazano u poglavlju Rezultati, toč. 5.11.

5. REZULTATI

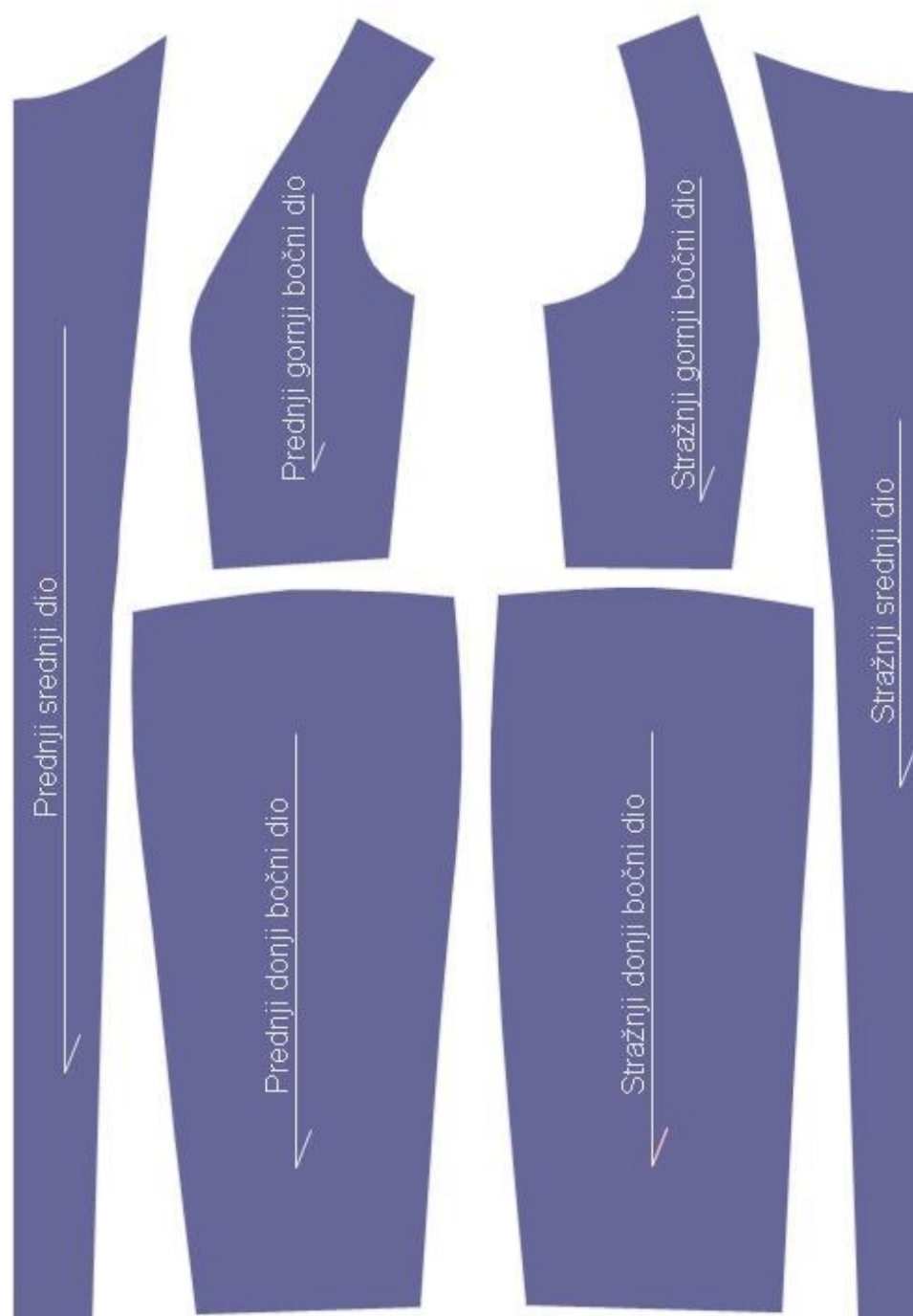
Rezultati utvrđeni ispitivanjem provedenim u okviru eksperimentalnog dijela rada prikazani su u narednim točkama ovog poglavlja.

5.1. Rezultati modeliranja modela ženskih haljina primjenom CAD sustava

Rezultati modeliranja krojeva u 2D sustavu za konstrukcijsku pripremu, prikazani su na sl. 87 i 88.



Sl. 87 Krojni dijelovi ženske haljine – MODEL 1



Sl. 88 Krojni dijelovi ženske haljine – MODEL 2

5.2. Rezultati utvrđivanja parametara mehaničkih svojstava materijala

Rezultate određivanja parametara mehaničkih svojstava na FAST mjernom uređaju potrebno je pretvoriti u jedinice koje podržava program za što je korišten konvertor Fabric Editor t.t. Optitex, sl. 89 [16].

The screenshot shows the 'Fabric Editor' window with the 'Converter' tab selected. The interface is divided into two main sections: 'Fast Parameters' and 'OptiTex Parameters'.

Fast Parameters:

- Extensibility - E100 (%):** 1: 2.2, 2: 4.5
- Bending Rigidity (B):** 1: 9.3, 2: 2.7
- Shear Rigidity (G):** 16
- Surface Thickness (ST):** 0.067
- Weight (W):** 174

OptiTex Parameters:

- Strech (gr/cm):** X: 1748,25, Y: 854,700
- Bend (dyn*cm):** 600
- Shear (dyn* cm):** 160
- Thickness (cm):** 0,0067
- Weight (gr/m2):** 174
- Fabric Name:** saten (dropdown menu)

Buttons: 'Calculate -->' and 'Set Fabric'. A link 'Click Here for Help' is at the bottom.

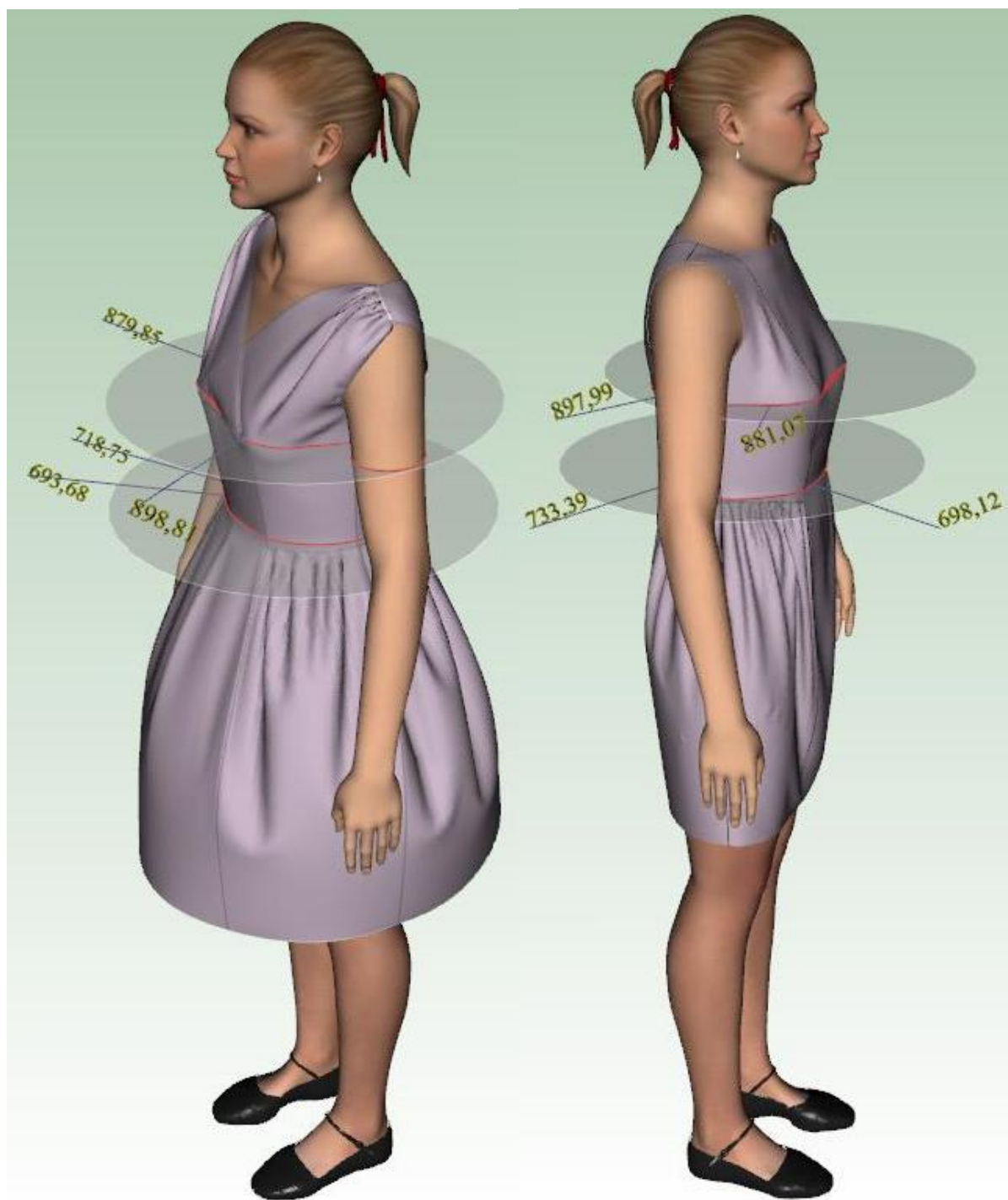
Sl. 89 Konvertiranje vrijednosti parametara mehaničkih svojstava tkanine primjenom Fabric Editora t.t. **Optitex**

5.3. Rezultati 3D simulacija modela haljina odjevne veličine 38 i verifikacija pristalosti

Rezultat 3D simulacija modela ženskih haljina na parametarskom modelu tijela prilagođenom odjevnoj veličini 38 prikazan je na sl. 90. Na temelju računalnog mjerenja vrijednosti razlika mjera u karakterističnim opsezima modela odjevnog predmeta i tijela, modeli ženskih haljina ocjenjeni su kao pristali odjevni predmet odjevne veličine 38, sl. 91.



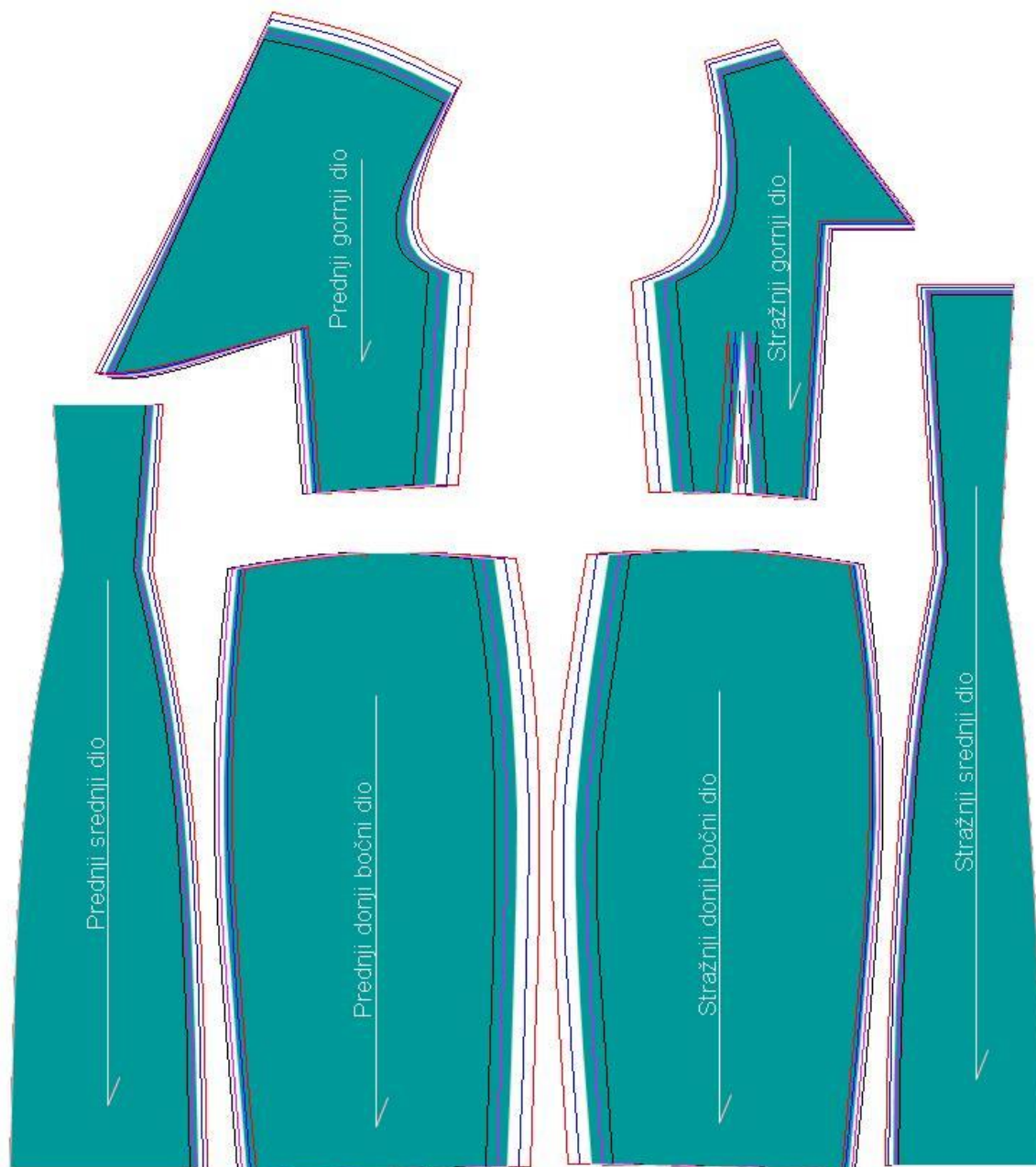
Sl. 90 Modeli haljina na parametarskom modelu tijela odjevne veličine 38



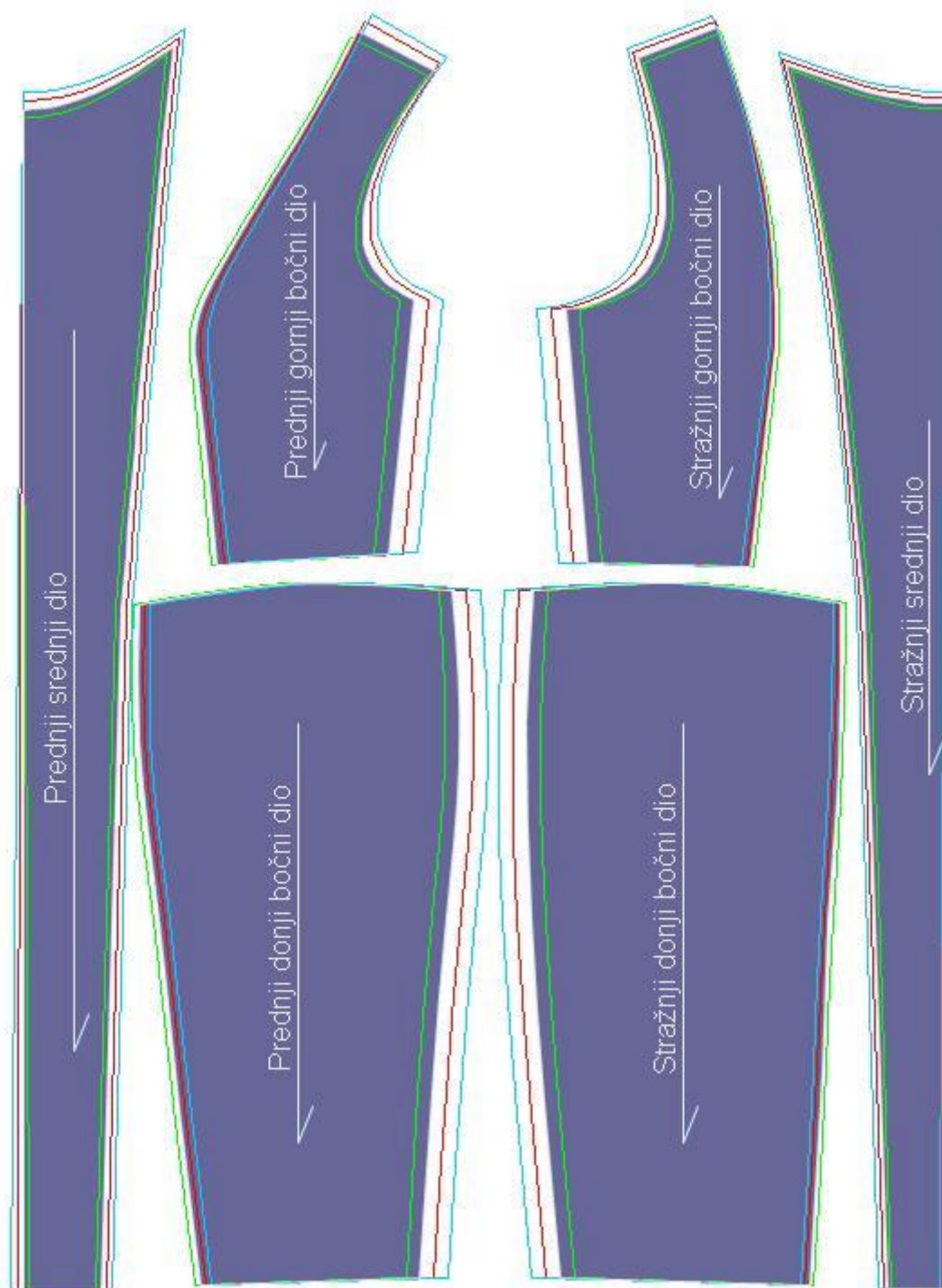
SI. 91 Verifikacija pristalosti modela odjevne veličine 38

5.4. Rezultati gradiranja krojeva u 2D CAD sustavu konstrukcijske pripreme

Rezultati gradiranja krojeva na temelju izračunatih vrijednosti pravila gradiranja za odabrani niz veličina prikazani su na sl. 92 i 93.



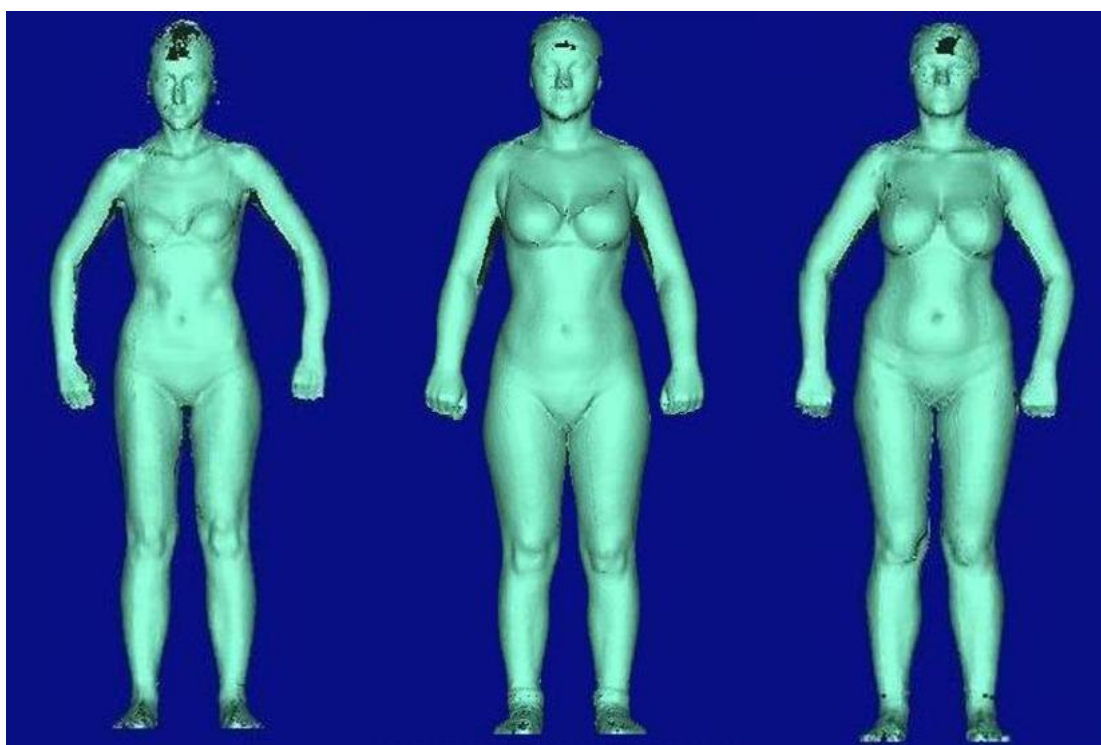
Sl. 92 Gradirani kroj ženske haljine – MODEL 1



Sl. 93 Gradirani kroj ženske haljine – MODEL 2

5.5. Rezultati antropometrijskog mjerenja i analize držanja tijela za tri ispitanice primjenom 3D skenera





Primjenom laserskog 3D skenera Vitus Smart i pratećeg računalnog programa ScanWorx V 2.7.2. izvedeno je skeniranje tri ispitanice različitih antropometrijskih obilježja tijela. Ostvareni prikaz predstavlja potpunu, dvodimenzionalnu, preciznu repliku skeniranog objekta odnosno tijela, koja se može sagledati iz različitih pogleda, rotirati, uvećavati i umanjivati, a koja služi kao podloga za računalno automatizirano utvrđivanje karakterističnih antropometrijskih mjera, sl. 94.




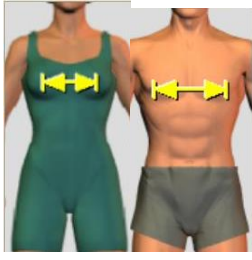



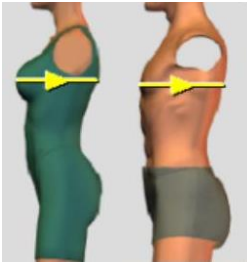
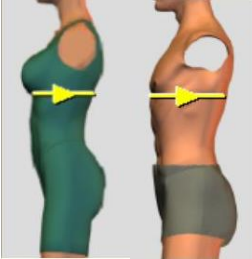

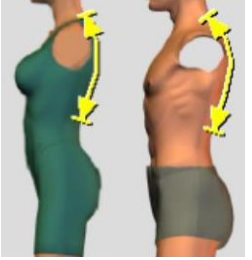

Sl. 94 Računalni modeli tijela za tri ispitanice dobiveni 3D skeniranjem

Tjelesne mjere potrebne za prilagodbu parametarskog kroja odjevnog predmeta i računalnog 3D modela tijela prikazane su u tablici 19.

Tab. 19 Tjelesne mjere za tri ispitanice utvrđene 3D skeniranjem tijela

Oznaka tjelesne mjere	Naziv mjere	Opis mjere	Grafički prikaz mjere	Izmjerena vrijednost [cm]		
				Ispitanica 1	Ispitanica 2	Ispitanica 3
0010	Tjelesna visina	Okomito izmjerena visina između vrha lubanje i podloge.		162,0	169,9	168,1
0040	Duljina između sedmog vratnog kralješka i bokova	Okomito izmjerena visina između sedmog vratnog kralješka i stražnje točke na liniji bokova.		59,9	57,9	59,2
0300	Opseg vrata	Mjera određena kao opseg baze vrata. Mjeri se preko sedmog vratnog kralješka, lijeve točke vrata, prednje i desne točke vrata.		37,6	35,9	35,8
0330	Širina ramena, mjereno preko vrata	Mjera određena kao širina ramena, mjereno preko vrata. Mjerna vrpca polazi od lijeve točke ramena, preko sedmog vratnog kralješka do desne točke ramena.		38,3	38,1	37,2

0340	Širina lijevog ramena	Duljina određena kao udaljenost od lijeve točke vrata do lijeve točke ramena.		13,5	13,4	13,0
0350	Širina desnog ramena	Duljina određena kao udaljenost od desne točke vrata do desne točke ramena.		13,1	13,2	13,7
0380	Širina grudi	Mjera određena kao širina grudi. Mjeri se udaljenost od lijeve točke pazuha		45,0	42,2	33,7
0390	Širina između grudnih točaka	Mjera određena kao udaljenost između lijeve točke vrha grudi do desne točke vrha grudi.		18,1	17,3	16,9
0410	Duljina između vrata i vrha grudi – desno	Mjera određena kao udaljenost između desne točke vrata do desne točke vrha grudi.		27,5	30,8	27,5

0420	Opseg grudi	Mjera određena kao opseg grudi. Mjeri se vodoravno preko točaka vrha grudi, ispod pazuha, a na leđima preko lopatica.		93,8	91,2	81,2
0440	Donji opseg grudi	Mjera određena kao donji opseg grudi. Mjeri se vodoravno, točno ispod grudi.		77,8	72,7	70,9
0450	Širina leđa	Mjera određena kao širina leđa. Mjeri se udaljenost od lijeve točke pazuha do desne točke pazuha na leđima.		32,8	31,5	31,4
0460	Duljina leđa	Mjera određena kao udaljenost od sedmog vratnog kralješka i stražnje točke na liniji struka. Mjerna vrpca prati liniju leđa.		39,1	36,1	38,3
0530	Opseg struka	Mjera određena kao opseg struka. Mjeri se vodoravno, preko najužeg dijela struka.		69,0	69,3	61,3

0600	Opseg bokova	Mjera određena kao opseg bokova. Mjeri se vodoravno, preko najizbočenije točke na stražnjem dijelu.		97,0	98,6	92,1
------	---------------------	---	---	-------------	-------------	-------------

5.6. Rezultati utvrđivanja matematičkih izraza za preračunavanje vrijednosti pojedinih mjera na krojnim dijelovima, prema odabranoj glavnoj tjelesnoj mjeri – model 1

Pomoću utvrđenih matematičkih izraza prikazanih u toč. 4.7.1.1. razvijen je parametarski model haljine za prilagodbu prema tjelesnim mjerama ispitanica, sl. 95.

Izračunavanje mjera za prilagodbu opsega grudi parametarskog modela haljine:

$$O.GRUDI\ 1 = (GS1 + GS2 + GS3 + SOP + GP1 + GP2) \times 2$$

$$= (8,00 + 7,50 + 7,93 + 3,87 + 9,62 + 9,09) \times 2 = 92,02\text{ cm} \quad (26)$$

$$O.GRUDI = O.GRUDI\ 1 \times \text{koeficijent komocije}$$

$$= 92,02 \times 0,957 = 88,07\text{ cm} \quad (27)$$

$$O.GRUDI\ 1 = (GS1 + GS2 + GS3 + SOP + GP1 + GP2) \times 2 \times 0,957 \quad (28)$$

Izračunavanje mjera za prilagodbu opsega struka parametarskog modela haljine:

$$SSGD1 = SSGD1 \times \text{koeficijent nabiranja 1}$$

$$= 5,35 \times 2,0432 = 10,93\text{ cm} \quad (29)$$

$$SSGD2 = SSGD2 \times \text{koeficijent nabiranja 2}$$

$$= 5,71 \times 1,9841 = 11,33\text{ cm} \quad (30)$$

$$SPGD = SPGD \times \text{koeficijent nabiranja 3}$$

$$= 12 \times 1,9279 = 23,13\text{ cm} \quad (31)$$

$$\begin{aligned} \text{O.STRUK 1} &= (\text{SSD} + \text{SSGD1} + \text{SSGD2} + \text{SPGD} + \text{SPD}) \times 2 \\ &= (5,78 + 5,53 + 5,71 + 12 + 7,61) \times 2 = 72,90 \text{ cm} \end{aligned} \quad (32)$$

$$\begin{aligned} \text{O.STRUK} &= \text{O.STRUK 1} \times \text{koeficijent dodatka za komociju} \\ &= 72,90 \times 0,961 = 70,06 \text{ cm} \end{aligned} \quad (33)$$

$$\text{O.STRUK 1} = (\text{SSD} + \text{SSGD1} + \text{SSGD2} + \text{SPGD} + \text{SPD}) \times 2 \times 0,961 \quad (34)$$

Izračunavanje mjera za prilagodbu opsega bokova parametarskog modela haljine:

$$\begin{aligned} \text{BSD} &= \text{BSD} \times \text{koeficijent promjene širine 1} \\ &= 11,03 \times 1,2329 = 13,60 \text{ cm} \end{aligned} \quad (35)$$

$$\begin{aligned} \text{BSBD} &= \text{BSBD} \times \text{koeficijent promjene širine 2} \\ &= 26,98 \times 0,8585 = 23,16 \text{ cm} \end{aligned} \quad (36)$$

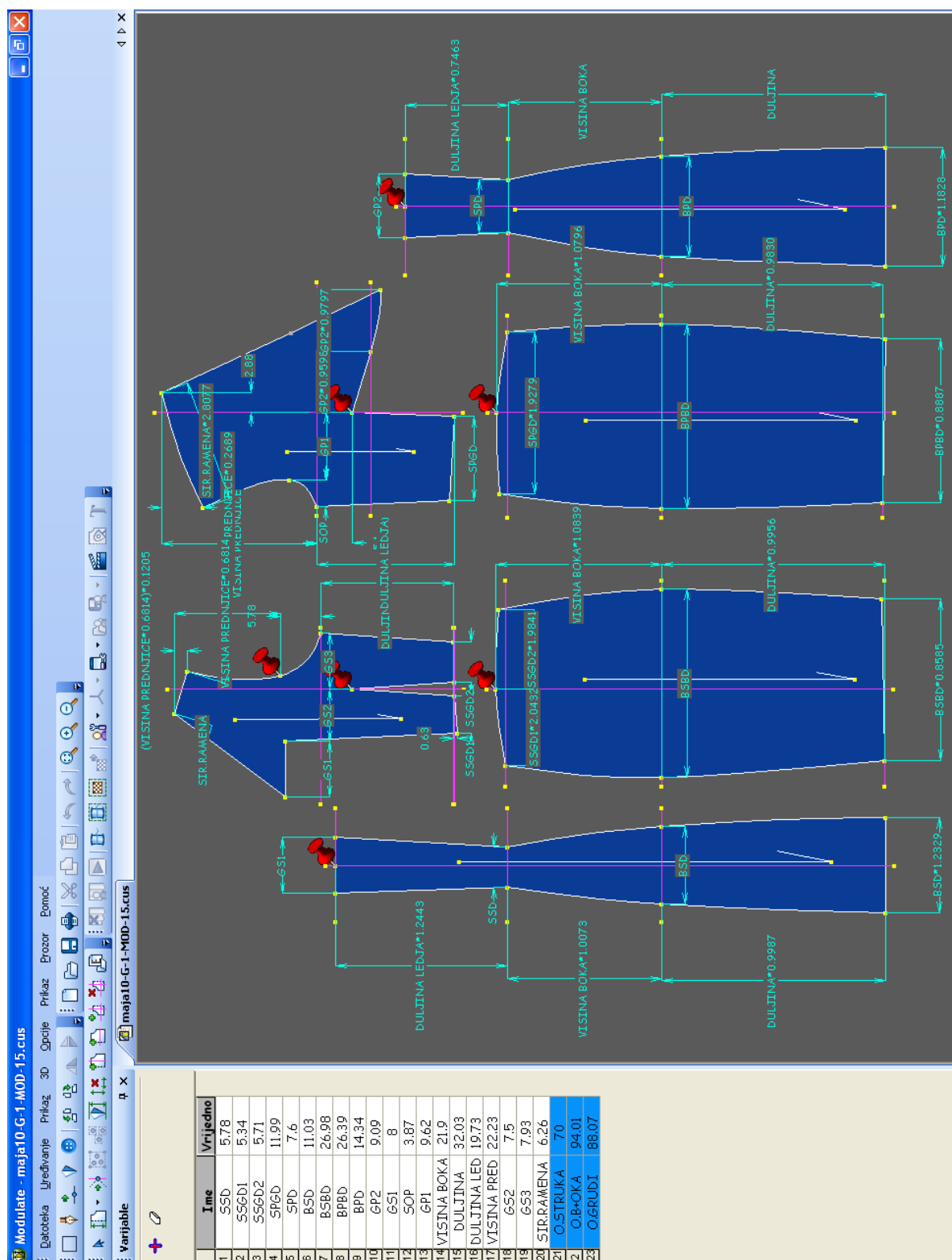
$$\begin{aligned} \text{BPBD} &= \text{BPBD} \times \text{koeficijent promjene širine 3} \\ &= 26,39 \times 0,8887 = 23,45 \text{ cm} \end{aligned} \quad (37)$$

$$\begin{aligned} \text{BPD} &= \text{BPD} \times \text{koeficijent promjene širine 4} \\ &= 14,34 \times 1,1828 = 16,96 \text{ cm} \end{aligned} \quad (38)$$

$$\begin{aligned} \text{O.BOKA 1} &= (\text{BSD} + \text{BSBD} + \text{BPBD} + \text{BPD}) \times 2 \\ &= (11,03 + 26,98 + 26,39 + 14,34) \times 2 = 157,48 \text{ cm} \end{aligned} \quad (39)$$

$$\begin{aligned} \text{O.BOKA} &= \text{O.BOKA 1} \times \text{koeficijentom za prilagodbu opsega haljine} \\ &= 157,48 \times 0,597 = 94,01 \text{ cm} \end{aligned} \quad (40)$$

$$\text{O.BOKA 1} = (\text{BSD} + \text{BSBD} + \text{BPBD} + \text{BPD}) \times 2 \times 0,597 \quad (41)$$

SI. 95 Razvijeni parametarski kroj ženske haljine u sustavu *Modulate* – MODEL 1

5.7. Rezultati utvrđivanja matematičkih izraza za preračunavanje vrijednosti pojedinih mjera na krojnim dijelovima, prema odabranoj glavnoj tjelesnoj mjeri – model 2

Pomoću utvrđenih matematičkih izraza prikazanih u toč. 4.7.1.2. razvijen je parametarski model haljine za prilagodbu prema tjelesnim mjerama ispitanica, sl. 96.

Izračunavanje mjera za prilagodbu opsega grudi parametarskog modela haljine:

$$O.GRUDI\ 1 = GPB1 + GPS + GPB2 + GSB1 + GSS + GSB2$$

$$= (15,22 + 16,56 + 15,22 + 14,65 + 14,69 + 14,65) = 90,99\text{ cm} \quad (42)$$

$$O.GRUDI = O.GRUDI\ 1 \times \text{koeficijent komocije}$$

$$= 90,99 \times 0,967 = 87,98\text{ cm} \quad (43)$$

$$O.GRUDI = (GS1 + GS2 + GS3 + SOP + GP1 + GP2) \times 0,967 \quad (44)$$

Izračunavanje mjera za prilagodbu opsega struka parametarskog modela haljine:

$$SPBD = SPB \times \text{koeficijent nabiranja 1}$$

$$= 12,09 \times 1,831 = 22,736\text{ cm} \quad (45)$$

$$SSBD = SSB \times \text{koeficijent nabiranja 2}$$

$$= 11,50 \times 1,888 = 21,712\text{ cm} \quad (46)$$

$$O.STRUK\ 1 = (SPB1 + SPS + SPB2 + SSB1 + SSS + SSB2)$$

$$= (12,09 + 13,80 + 12,09 + 11,50 + 11,96 + 11,50) = 72,94\text{ cm} \quad (47)$$

$$O.STRUK = O.STRUK\ 1 \times \text{koeficijent dodatka za komociju}$$

$$= 72,90 \times 0,960 = 69,98\text{ cm} \quad (48)$$

$$O.STRUK = (SPB1 + SPS + SPB2 + SSB1 + SSS + SSPB2) \times 0,960 \quad (49)$$

Izračunavanje mjera za prilagodbu opsega bokova parametarskog modela haljine:

$$\text{BPBD} = \text{BPB} \times \text{koeficijent promjene širine 1}$$

$$= 21,15 \times 0,8038 = 17 \text{ cm} \quad (50)$$

$$\text{BPSD} = \text{BPS} \times \text{koeficijent promjene širine 2}$$

$$= 11,37 \times 0,8458 = 9,62 \text{ cm} \quad (51)$$

$$\text{BSBD} = \text{BSB} \times \text{koeficijent promjene širine 3}$$

$$= 21,03 \times 0,8372 = 17,61 \text{ cm} \quad (52)$$

$$\text{BSSD} = \text{BSS} \times \text{koeficijent promjene širine 4}$$

$$= 10,57 \times 0,8502 = 8,99 \text{ cm} \quad (53)$$

$$\text{O.BOKA 1} = \text{BPB1} + \text{BPS} + \text{BPB2} + \text{BSB1} + \text{BSS} + \text{BSB2}$$

$$= 21,15 + 11,37 + 21,15 + 21,03 + 10,57 + 21,03 = 106,30 \text{ cm} \quad (54)$$

$$\text{O.BOKA} = \text{O.BOKA 1} \times \text{koeficijentom za prilagodbu opsega haljine}$$

$$= 106,30 \times 0,884 = 93,96 \text{ cm} \quad (55)$$

$$\text{O.BOKA} = (\text{BPB1} + \text{BPS} + \text{BPB2} + \text{BSB1} + \text{BSS} + \text{BSB2}) \times 0,884 \quad (56)$$

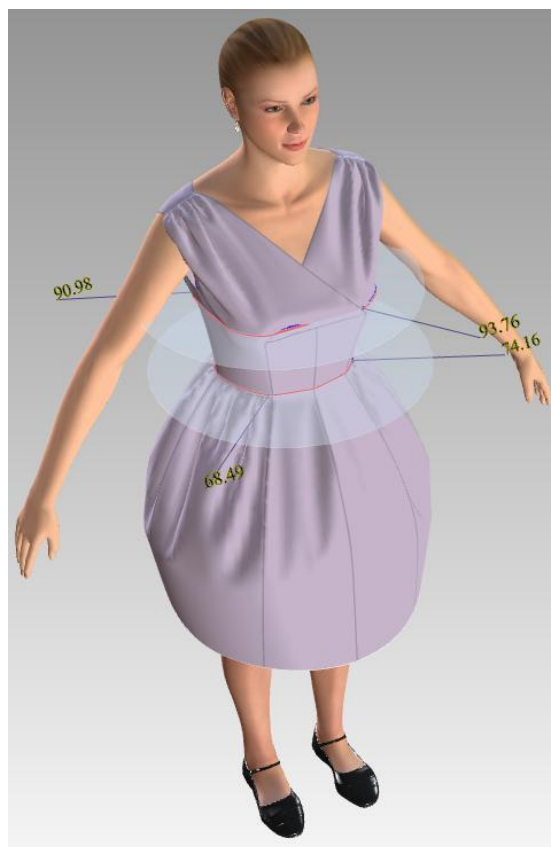
Sl. 96 Razvijeni parametarski broj ženske haljine u sustavu *Modulate* – MODEL 2

5.8. Rezultati 3D simulacija i verifikacija pristalosti modela

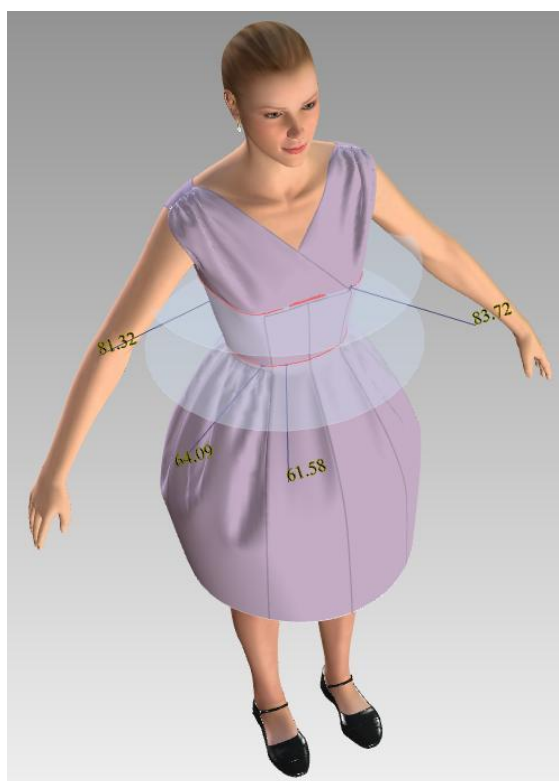
Verifikacija prilagodbe razvijenih parametarskih modela haljina i pristalosti modela mjerama ispitanica, utvrđena je računalnim mjerenjem razlika u vrijednostima opsega između modela odjevnog predmeta i tijela, presijecanjem na istoj liniji poprečnog presjeka što je prikazano na sl. 97 do 101. Dodatno su modeli verificirani računalnim mjerenjem udaljenosti modela odjevnog predmeta od tijela po zonama, sl. 102 i 103.



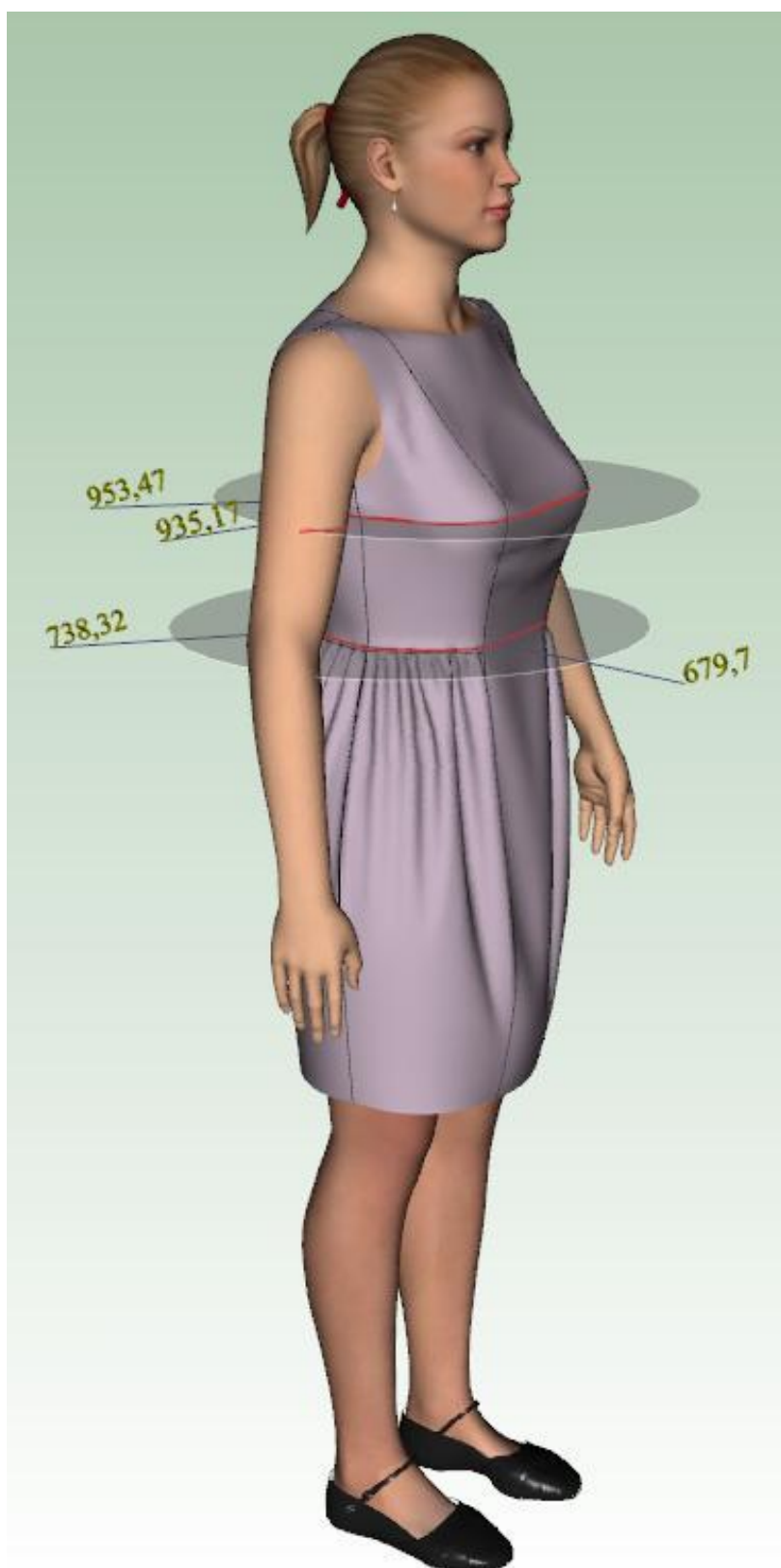
Sl. 97 Verifikacija modela 1 utvrđivanjem razlika u vrijednostima opsega - ispitanica 1



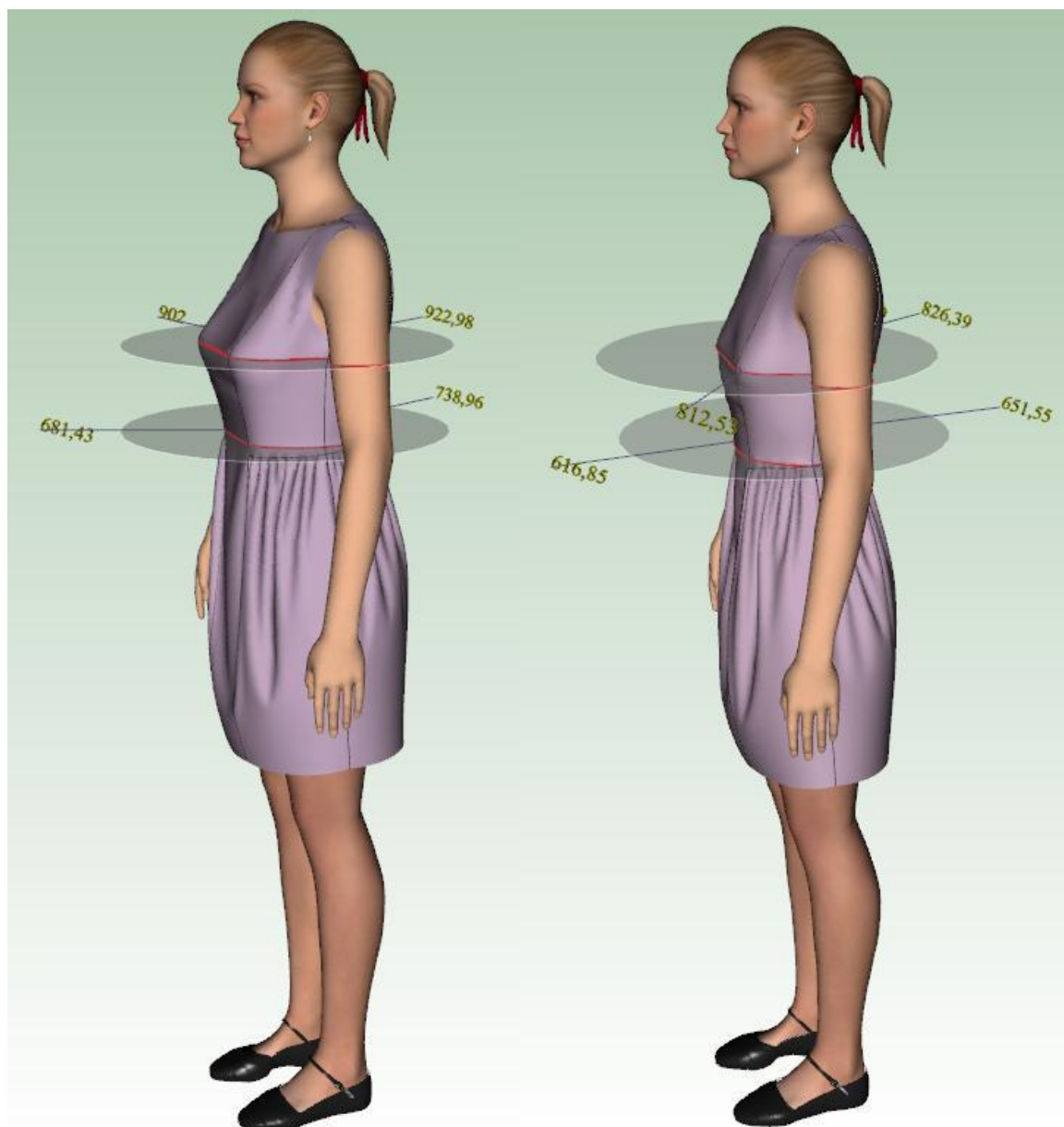
SI. 98 Verifikacija modela 1 utvrđivanjem razlika u vrijednostima opsega - ispitanica 2



SI. 99 Verifikacija modela 1 utvrđivanjem razlika u vrijednostima opsega - ispitanica 3



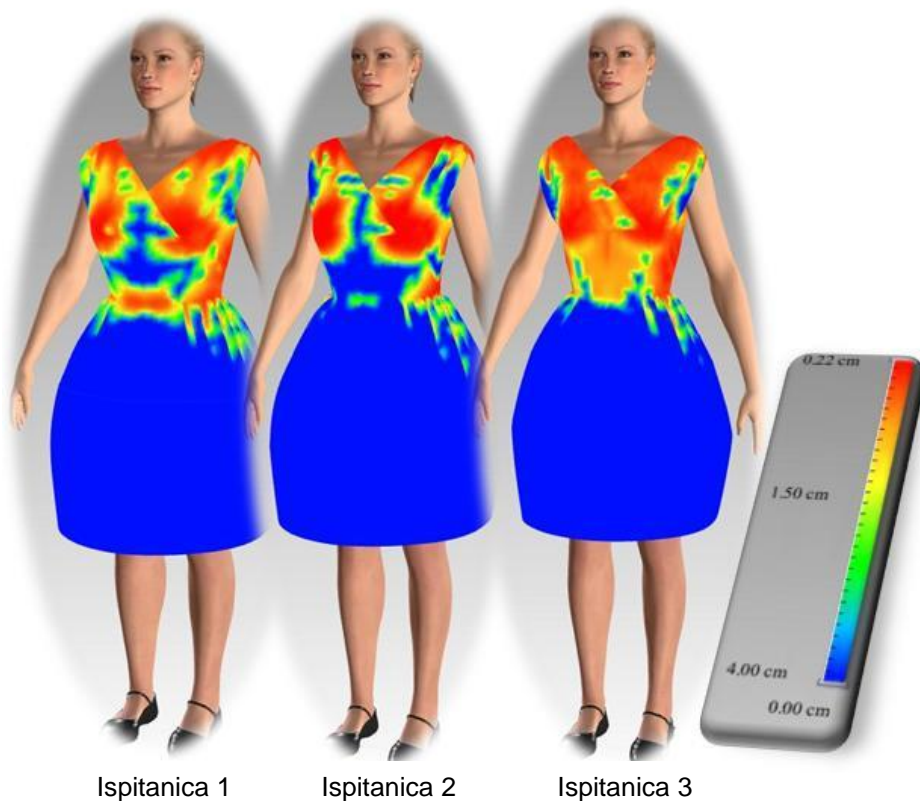
Sl. 100 Verifikacija modela 2 utvrđivanjem razlika u vrijednostima opsega - ispitanica 1



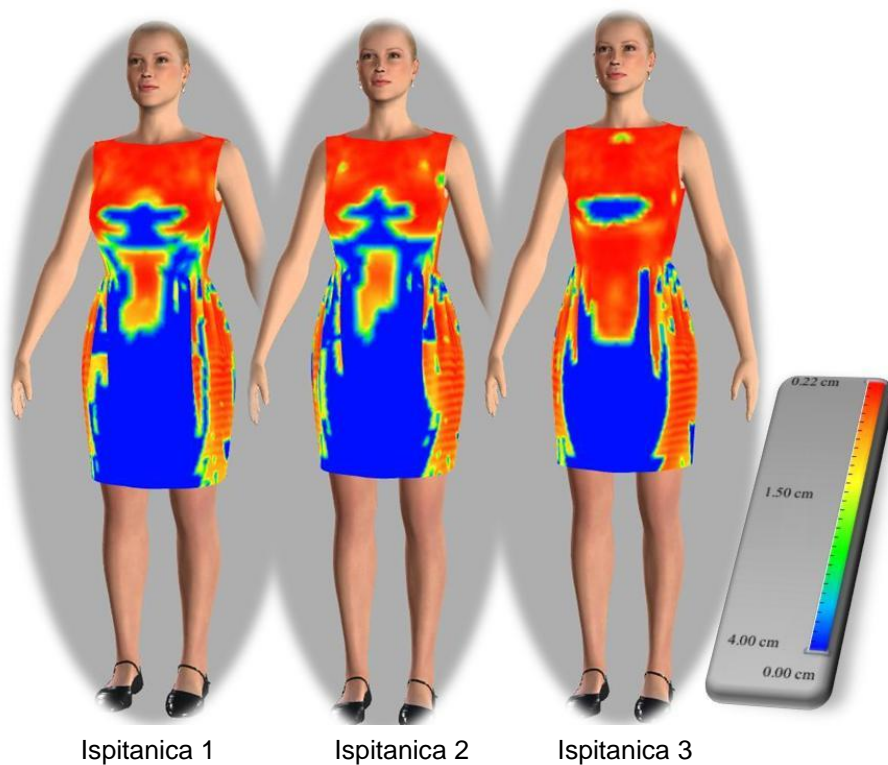
Ispitanica 2

Ispitanica 3

Sl. 101 Verifikacija modela 2 utvrđivanjem razlika u vrijednostima opsega



SI. 102 Verifikacija modela 1 računalnim mjerenjem udaljenosti modela odjevnog predmeta od tijela po zonama



SI. 103 Verifikacija modela 2 računalnim mjerenjem udaljenosti modela odjevnog predmeta od tijela po zonama

5.9. Rezultati aplikacije boja i tekstura na modele ženskih haljina

Aplikacijom boja i tekstura na modele haljina izrađeno je nekoliko varijacija uzoraka prikladnih kroju modela [40], sl. 103 i 104.



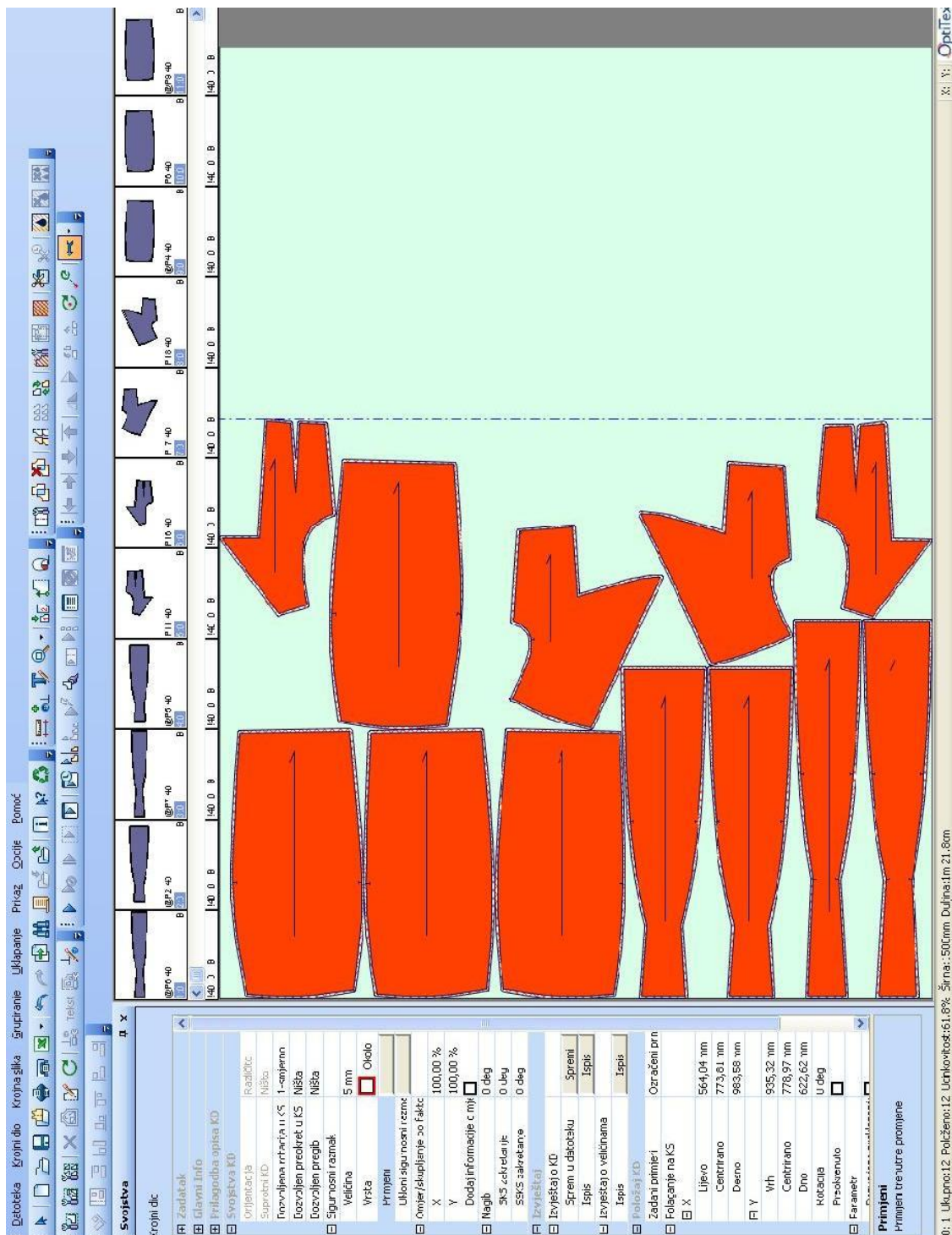
Sl. 104 Aplikacija boja i tekstura na model haljine



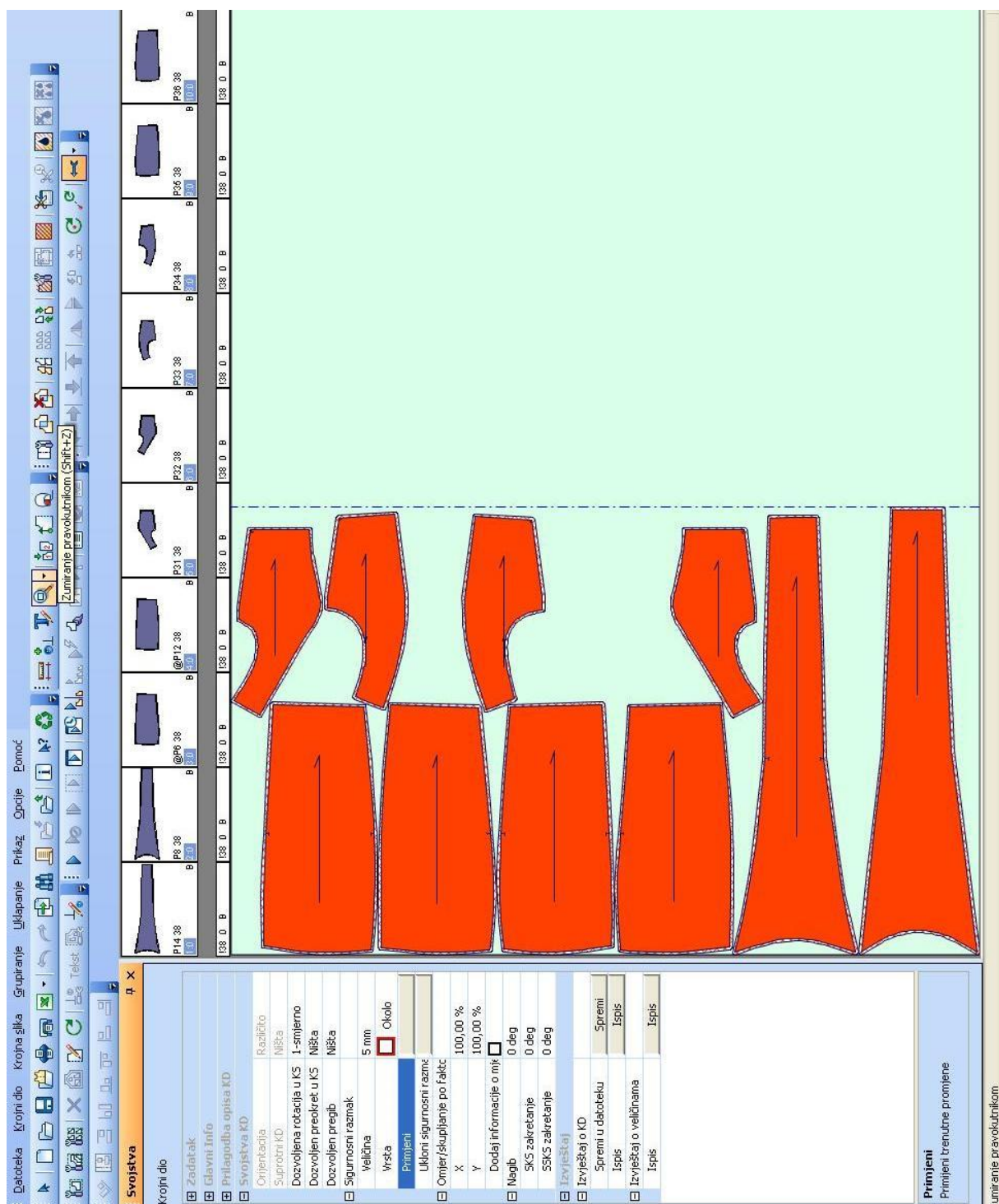
Sl. 105 Aplikacija boja i tekstura na parametarski model haljine

5.10. Rezultati izrade krojnih slika

Na sl. 106 i 107 prikazane su uklopljene krojne slike parametriziranih modela prilagođenih tjelesnim mjerama ispitanice 1.



Sl. 106 Krojna slika parametriziranog modela 1 prilagođenog tjelesnim mjerama ispitanice 1



SI. 107 Krojna slika parametriziranog modela 2 prilagođenog tjelesnim mjerama ispitanice 1

5.11. Rezultati usporedbe računalnog i realnog parametarskog prototipa modela ženske haljine

Na sl. 108 prikazana je usporedba računalnog parametarskog i realnog prototipa parametarskog modela 1 prilagođenog mjerama ispitanice 1 sa svrhom verifikacije kroja.



Sl. 108 Usporedba računalnog i realnog prototipa modela 1 ženske haljine

6. RASPRAVA

Temeljna svrha istraživanja, provedenog u okviru ovog rada, je razvoj parametarskog računalnog modela odjevnog predmeta, koji će se primjenom 2D/3D CAD sustava konstrukcijske pripreme, moći prilagođavati mjerama ženskih osoba, različitih antropometrijskih obilježja tijela. Istraživanje je provedeno na primjeru dizajniranih modela ženskih haljina, za koje je početno konstruiran temeljni kroj konvencionalnim postupkom, za odjevenu veličinu 38. Rasprava o rezultatima koji su utvrđeni prikazanim istraživanjem i njihovoj verifikaciji, temelji se stoga na razmatranju razvojnog postupka opisanog u eksperimentalnom dijelu, po segmentima koje je bilo potrebno istražiti i utvrditi.

Likovni projekt odjevnog predmeta

Poznavanje temeljnih obilježja pojedinih konstitucija tijela potrebno je u likovnom projektiranju odjeće, jer upravo različita sazdanost čovječjeg tijela i psihofizičke osobine određuju izbor odjeće. Dizajner odjeće mora poznavati osnovne konstitucije, kako bi znao nacrtati lik i tip tijela osobe, čvršće ili slabije tjelesne građe, te odgovarajuću odjeću za takve tipove tijela. S obzirom da je konačni cilj istraživanja u ovom radu razviti parametarske modele krojeva haljina, koji će se u mjerama moći prilagođavati ženskim osobama različitih antropometrijskih obilježja tijela, dizajnirani su modeli haljina koji su s aspekta pristalosti primjeren za vrlo vitki, normalni i malo puniji stas ženskih osoba mlađe dobne skupine, toč.4.1.

Konstrukcija, digitalizacija, modeliranje i računalna verifikacija krojeva ženskih haljina primjenom 2D/3D CAD sustava konstrukcijske pripreme

Kao prvi korak u okviru cjelovite razrade krojnih dijelova, konvencionalnom metodom je konstruiran temeljni kroj ženske haljine, odjevene veličine 38, toč. 4.2.1. Temeljni kroj služi kao baza za modeliranje haljina različitog dizajna. S obzirom da se krojni dijelovi, neovisno od vrste odjevnog predmeta, mogu opisati kao nepravilni geometrijski oblici, potrebno ih je prevesti u zapis koji će biti prihvatljiv za pohranu u memoriju računala. U okviru ovog rada digitalizacija temeljnog kroja izvedena je primjenom DigiPen-a, odnosno digitalne olovke s optičkim senzorom i specijalne prozirne folije, toč. 4.2.2. Pri tome su snimljene sve potrebne oznake na krojnim dijelovima. Po završetku digitalizacije, snimljeni podaci se putem posebnog postolja DigiPen-a, spojenog s računalom USB kablom, prenose u računalo te se automatski izvodi rekonstrukcija krojnih dijelova na zaslonu monitora, u računalnom programu Pattern Design System – PDS. Prednost digitalizacija pomoću DigiPena u odnosu

na digitalizator koji je uobičajen u konfiguraciji CAD sustava konstrukcijske pripreme odjeće, je mogućnost da se digitalizacija izvodi na bilo kojoj ravnoj površini na koju se folija položi, a po završetku digitalizacije folija se može spremi te stoga ne zauzima prostor. S obzirom na visoku razlučljivost DigiPena, digitalizirani krojni dijelovi su visoke preciznosti, a sam postupak digitalizacije se odvija u vrlo kratkom vremenu.

Sustavnim odabirom alata i funkcija programa *PDS*, izvedeno je modeliranje 2D krojnih dijelova u skladu sa zakonitostima konvencionalne konstrukcije odjeće, za početno dizajnirane modele haljina, toč. 4.2.3. Verifikacija modeliranih krojeva provedena je izvođenjem računalne 3D simulacije na parametarskom modelu tijela, toč. 5.3. U tu svrhu, model tijela je prethodno prilagođen tako da odgovara tjelesnim mjerama za odjevnju veličinu 38, a na krojnim dijelovima su sustavno definirani segmenti krojnih dijelova koji se spajaju u procesu simulacije. Primjena računalne simulacije u fazi ispitivanja pristalosti kroja, s aspekta primjernosti dizajna i valjanosti konstrukcije kroja, značajno ubrzava postupak razvoja modela, s obzirom da izostaje potreba izrade realnog prototipa. Također, svi uočeni nedostaci na modelu po završetku simulacije, mogu se korigirati na krojnim dijelovima nakon čega se simulacija može ponoviti. Opisani proces može se ponavljati prema potrebi, sve do postizanja zadovoljavajuće pristalosti kroja. Dodatno, na krajnji ishod simulacije utječe i prethodno pozicioniranje krojnih dijelova u blizini modela tijela. U tom smislu je potrebno, primjenom transformacija krojnih dijelova, odnosno kombinacijom prostornih translacija i rotacija, krojne dijelove pozicionirati što bliže njihovom konačnom položaju u kojem će se nalaziti na tijelu po završetku simulacije. Također, s obzirom na kompleksnost građe ljudskog tijela i potrebu većeg ili manjeg savijanja krojnih dijelova oko pojedinih dijelova tijela, na njih je također prije same simulacije potrebno primijeniti tzv. modifikator oblika, koji omogućuje više ili manje cilindrično oblikovanje svakog krojnog dijela.

Odabir mehaničkih svojstava materijala, opisanih u toč. 4.3., odnosno aplikacija ovih svojstava, od presudnog je značaja za krajnji ishod simulacije i za procjenu udobnosti modela odjevnog predmeta.

Na opisani način i uz definiranje svih potrebnih parametara, toč. 4.4., simulacija modeliranih krojeva je ponovljena nekoliko puta, te su izvedene manje korekcije na krojevima, prilikom kojih su korigirane duljine krojeva, krivulje orukavlja, te oblici razdjelnih šavova donjih dijelova haljina. Na taj način modeli su verificirani s aspekta dizajna. Verifikacija pristalosti s aspekta komocije odjevnog predmeta izvedena je računalnim mjerenjem vrijednosti razlika mjera u karakterističnim opsezima.

Prethodno opisanim sustavnim nizom postupaka, i analizom rezultata po svakom pojedinom segmentu, modelirani krojevi su u potpunosti verificirani te je u narednom koraku izvedeno računalno gradiranje krojeva za niz odjevnih veličina od 36 do 42.

Računalno gradiranje krojeva

Gradiranje krojeva za odabrani niz veličina, izveden je prema utvrđenim i izračunatim vrijednostima razlika karakterističnih mjera na ljudskom tijelu, toč. 4.5. Na temelju izračunatih razlika mjera između susjednih veličina, definirana su pravila gradiranja u glavnim točkama segmenata kontura krojnih dijelova. Izračun vrijednosti pravila gradiranja podrazumijeva izračun vrijednosti inkrementa i dekrementa po osi x i y , u odnosu na glavnu točku bazne veličine, koja se tretira kao ishodište lokalnog koordinatnog sustava, toč. 4.5. Uporabom funkcija programa, izračunate vrijednosti gradiranja su aplicirane na gradirne točke, te je računalno izvedena rekonstrukcija kontura krojnih dijelova za niz veličina od 36 do 42, toč. 5.4. Na opisani način, krojni dijelovi su vrlo precizno gradirani i pohranjeni u bazu podataka CAD sustava, kao priprema za kasniju fazu prilagodbe kroja po mjerama.

Utvrđivanje mehaničkih svojstva materijala primjenom FAST mjernog sustava

Primjenom FAST mjernog sustava za određivanje mehaničkih svojstava materijala utvrđeni su potrebni parametri za odabrani materijal. Pri tome su prema prethodno opisanim mogućnostima sustava toč. 2.4.2. utvrđeni parametri kompresijskih svojstava, savijanja, istezanja, smična i kompresijska svojstva.

Antropometrijska mjerenja tijela za tri ispitanice primjenom 3D skenera tijela

Primjenom laserskog 3D skenera Vitus Smart i pratećeg računalnog programa ScanWorx V 2.7.2. izvedeno je skeniranje tri ispitanice različitih antropometrijskih obilježja tijela, pri čemu je jedna od njih vrlo vitkog stasa, jedna normalnog i jedna malo punijeg stasa. Postupak skeniranja prikazan je u toč. 4.6. Po završetku skeniranja provedena je računalna analiza držanja tijela kojom je utvrđeno normalno držanje tijela za sve tri ispitanice.

Analiza modela tijela je vrlo značajna s aspekta konstrukcije kroja odjevnog predmeta, s obzirom da kroj treba biti prilagođen fizičkim obilježjima tijela na način da prikrije pojedine nedostatke na tijelu, a istovremeno bude funkcionalan i osigurava potrebitu komociju pri nošenju odjevnog predmeta. S obzirom da kod odabranog modela tijela nije uočena asimetričnost tijela u sljedećem koraku bilo je dovoljno koristiti polovinu kroja. Ostvareni prikaz predstavlja potpunu, dvodimenzionalnu, preciznu repliku skeniranog objekta odnosno tijela, koja se može sagledati iz različitih pogleda, rotirati, uvećavati i umanjivati, a koja služi kao podloga za računalno automatizirano utvrđivanje karakterističnih antropometrijskih

mjera. Antropometrijsko mjerenje ljudskog tijela i utvrđivanje odnosa ili proporcija između pojedinih njegovih dijelova, od velike je važnosti za konstrukciju odjeće.

Proporcijama ili odnosima, može se utvrditi pravilnost u međusobnom odnosu pojedinih dijelova tijela, odnosno pojedinih mjera na tijelu. Računalno beskontaktno utvrđivanje antropometrijskih mjera primjenom 3D skenera i pratećeg računalnog programa, omogućuje precizno utvrđivanje tjelesnih mjera u vrlo kratkom vremenu. Pohranom utvrđenih vrijednosti mjera u odgovarajućem formatu zapisa, one se mogu učitati u program za računalnu prilagodbu krojeva.

Utvrđivanje razvojnih koraka i matematičkih izraza za prevođenje 2D krojnih dijelova iz vektorskog u parametarski oblik zapisa

U sljedećem koraku početno su analizirani krojevi modela haljina, s aspekta zakonitosti kovencionalne konstrukcije i specijalnih načina gradiranja krojeva prema stasu i prema uzrastu, kako bi se odredile polazišne osnove i predvidjele sve potrebne promjene kroja u kasnijoj fazi prilagodbe. S obzirom na različitosti u modelima odjeće, ne postoji jednostavno pravilo koje bi se moglo primijeniti na svaki model, već je potrebno svaki kroj analizirati zasebno. Upravo iz tog razloga, određivanje mjera koje će se na kroju mijenjati i iznalaženje matematičkih izraza za izračunavanje tih promjena, predstavlja najteži dio pripreme krojeva za kasniju prilagodbu prema mjerama. S obzirom da su modelirani krojevi ženskih haljina dosta složeni, potrebno je predvidjeti i veći broj mjera na kroju koje će se moći modificirati. Dodatnu otežavajuću okolnost predstavljaju segmenti koji se spajaju, a različitih su duljina. Pri tome je potrebno definirati odnose između takvih segmenata i koeficijente pomoću kojih će se kroz izračun osigurati proporcionalnost odnosa segmenata različitih duljina, nakon izvedenih promjena duljina tih segmenata. Razvojni koraci definiranja svih parametara, prikazani su u toč. 4.7. , pri čemu su na svakom modelu pojedinačno početno definirane fiksne točke na krojnim dijelovima, koje se ovisno o kroju i načinu gradiranja mogu postaviti i u ishodišta gradiranja. Definiranjem okomitih osi na krojne dijelove, osigurava se u kasnijoj fazi prilagodbe, proporcionalno mijenjanje mjera simetrično u odnosu na postavljenu os. Vodoravno postavljene osi, određuju se uglavnom na linijama svih karakterističnih opsega na tijelu, a prema potrebi i na nekim drugim dijelovima kroja. Preko postavljenih osi, definiraju se i imenuju mjere. Dodatno se mjere postavljaju i dijagonalno, odnosno preko krivulje. Povezivanjem mjera s osi i točkama segmenata krojnih dijelova, krojni dio se prevodi u parametarski zapis, koji se može testirati interaktivnim pomicanjem pojedine mjere. Na taj način istovremeno se modificiraju svi vezani segmenti konture kroja. Definiranjem istog naziva mjere na različitim krojnim dijelovima, prilikom izvođenja promjena na jednom krojnom

dijelu, za isti iznos mijenjati će se i mjera na drugom krojnom dijelu. Mjere postavljene na krivuljama su u ovisnosti o karakterističnim vodoravnim i okomitim mjerama, pri čemu ta ovisnost proizlazi iz zakonitosti konvencionalne konstrukcije odjeće. S obzirom na složenost modeliranih krojeva, za potrebe iznalaženja matematičkih izraza, definiran je veći broj mjera na krojnim dijelovima. Pri tome je, na primjer za definiranje mjere opsega na liniji grudi, potrebno zbrojiti nekoliko vrijednosti pojedinačno postavljenih mjera na kroju. Dodatno je potrebno predvidjeti i odrediti koeficijente prema kojim će se odrediti postotni udio pojedine mjere u ukupnom opsegu, pri izvođenju kasnije prilagodbe. Sagledavanjem svih navedenih utjecaja i vrijednosti pojedinih parametara, definirani su matematički izrazi prikazani u točki 4.7.1.

Računalna prilagodba parametarskih krojeva modela haljina i računalnog modela tijela mjerama ispitanica te izvođenje 3D simulacija prilagođenih krojeva

Prethodno pripremljeni parametarski krojevi modela haljina, ispitani su u sljedećoj fazi za tri ispitanice. Pri tome su modeli tijela prilagođeni prema mjerama ispitanica utvrđenim primjenom 3D skenera, toč. 4.6., a krojevi prema mjerama utvrđenim preračunavanjem pomoću definiranih matematičkih izraza, toč. 4.7.1. Definirani su svi potrebni parametri kao i kod simulacije početnog modela odjevnog predmeta veličine 38, te je provedena 3D simulacija za svaki model, toč. 5.8.

Ocjena pristalosti simuliranih modela

Dodatno, izvedena je analiza naprezanja gornjeg dijela haljine, sa svrhom procjene komocije, odnosno udobnosti nošenja opisana u poglavlju 2, toč. 2.3.2.8. Ocjena pristalosti je ujedno i verifikacija uspješnosti cjelovitog procesa, a poglavito opsežne pripreme krojnih dijelova u programu Modulate i postavljenih matematičkih izraza u točki 4.7.1. Računalna procjena udobnosti temeljni se na analizi grafičkog prikaza modela odjevnog predmeta u određenom rasponu boja, pri čemu svaka boja određuje udaljenost odjevnog predmeta od tijela na promatranom modelu izraženu u centimetrima. Dodatno, program omogućuje i istovremeno računalno mjerenje opsega tijela modela i odjevnog predmeta na odabranom segmentu, poprečnim presijecanjem pomoću ravnine. Pri tome se određuju vrijednosti oba opsega i iz razlike vrijednosti se procjenjuje komocija kroja. Na opisani način je provedena analiza simuliranih modela odjevnih predmeta, te su isti uspješno verificirani, toč. 5.8. Na prethodno opisani način, provedena je cjelovita analiza pristalosti prilagođenih parametarskih modela ženskih haljina za sve tri ispitanice koja je rezultirala uspješnom verifikacijom cjelovitog procesa, a s time i razvijenih parametarskih modela.

Aplikacija boja i tekstura na 3D model odjevnog predmeta

Rezultati aplikacije različitih boja i tekstura na krojne dijelove prikazani su u toč. 5.9. Vizualizacija modela u različitim bojama i s apliciranim različitim teksturama, detaljima te s definiranjem transparentnosti ili sjaja materijala, dizajneru olakšava konačan odabir materijala za odjevni predmet.

Izrada realnog prototipa i uporedba s vizualiziranim modelom

Primjenom CAD sustava konstrukcijske pripreme izrađene su krojne slike, toč. 5.10. te je izvedeno iskrojavanje parametarskog modela 1 prilagođenog mjerama ispitanice 1 primjenom agregata za iskrojavanje koji osigurava visoku kvalitetu i preciznost iskrojavanja. Izrada realnog prototipa izvedena je sa svrhom dodatne verifikacije parametarskog kroja. Prilikom procesa izrade realnog prototipa na kroju nije bilo potrebe za dodatnim prilagodbama i transformacijama segmenata, stoga je razvojni postupak parametrizacije i sam računalni 3D prototip u potpunosti verificiran kao parametarski model primjeren za prilagodbu različitim antropometrijskim karakteristikama tijela.

7. ZAKLJUČCI

Cilj istraživanja u okviru ovog rada, bio je razvoj računalnog parametarskog prototipa modela odjevnog predmeta, za prilagodbu prema mjerama ženskih osoba različitih antropometrijskih karakteristika tijela, primjenom 2D/3D CAD sustava namijenjenog računalnoj konstrukciji i simulaciji odjeće. U tu svrhu početno su likovno projektirani modeli ženskih haljina, primjereni ženskim osobama mlađe dobne skupine, za osobe vrlo vitkog, vitkog i malo punijeg stasa. Za osmišljene modele haljina, konstruiran je temeljni kroj odjevne veličine 38, konvencionalnim načinom konstrukcije i postupkom digitalizacije pohranjen u računalo CAD sustava konstrukcijske pripreme, pomoću DigiPena. Na temelju cjelovitog istraživanja kroz sustavno organizirane razvojne korake, mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- Prednost digitalizacija pomoću DigiPena u odnosu na digitalizator koji je uobičajen u konfiguraciji CAD sustava konstrukcijske pripreme odjeće, je mogućnost da se digitalizacija izvodi na bilo kojoj ravnoj površini na koju se folija položi, a po završetku digitalizacije folija se može spremiti te stoga ne zauzima prostor. S obzirom na visoku razlučljivost DigiPena, digitalizirani krojni dijelovi su visoke preciznosti, a sam postupak digitalizacije se odvija u vrlo kratkom vremenu.
- Uporaba 2D CAD sustava konstrukcijske pripreme odjeće omogućuje konstrukciju, modeliranje i gradiranje krojnih dijelova znatno brže, preciznije i efikasnije, čime se uvelike racionaliziraju poslovi razrade krojeva.
- Prednost korištenja 2D/3D CAD sustava je u tome što omogućuje vizualizaciju modeliranog kroja na 3D parametarskom modelu tijela odgovarajućih dimenzija, te su vidljivi nedostaci koje treba popraviti na 2D krojnim dijelovima.
- Uspješnost simulacije ne ovisi samo o kvaliteti modeliranih krojeva, nego i o cijelom procesu određivanja parametara simulacije, odnosno o pravilno određenim segmentima kroja koji se spajaju i precizno pozicioniranim krojnim dijelovima spram računalnog modela tijela.
- Kako bi vizualizacija 3D modela odjevnog predmeta bila što realnija, sustav za 3D simulaciju odjeće omogućuje unos parametara materijala relevantnih za krajnji ishod simulacije. Parametri materijala utvrđeni su na FAST mjernom sustavu, te su

primjenom konvertora FabricConvecton t.t. Optitex prevedeni u jedinice i oblik koji podržava sustav za 3D simulaciju odjeće.

- Dodatno, realističnost simuliranog modela odjevnog predmeta može se povećati aplikacijom boja, tekstura i detalja na površine krojnih dijelova, te definiranjem transparentnosti i sjaja materijala.
- Procjena pristalosti modela odjevnog predmeta s aspekta konstrukcije kroja izvodi se istovremenim računalnim mjerenjem opsega tijela modela i odjevnog predmeta na odabranom segmentu, poprečnim presijecanjem pomoću ravnine. Pri tome se određuju vrijednosti oba opsega i iz razlike vrijednosti se procjenjuje komocija kroja.
- Računalna procjena komocije kroja na točno određenom mjestu ili zoni kroja, temeljni se na analizi grafičkog prikaza modela odjevnog predmeta u određenoj skali boja, pri čemu svaka boja određuje udaljenost kroja od tijela modela.
- Procjena pristalosti provedena računalnim određivanjem iznosa komocije modela odjevnog predmeta i vizalnog dojma, izuzima potrebu izrade stvarnog prototipa u realnim uvjetima proizvodnje, pri čemu se ostvaruje znatna ušteda vremena, materijala i svih ostalih troškova koji proizlaze iz realnih uvjeta proizvodnje.
- Uočeni nedostaci na simuliranom modelu odjevnog predmeta s aspekta konstrukcije, mogu se korigirati na 2D krojnim djelovima izmjenom vrijednosti potrebnih mjera, te postupkom ponovne simulacije verificirati kroj.
- Gradiranje krojeva na temelju izračunatih razlika mjera između susjednih veličina, i definiranjem pravila gradiranja u glavnim točkama segmenata kontura krojnih dijelova, gradiranje u CAD sustavu se izvodi vrlo precizno, što utječe na visoku kvalitetu gotovog odjevnog predmeta.
- Gradirani set krojeva koristi se u kasnijoj fazi prilagodbe po mjerama na način, da se prilagodba izvodi na odjevnoj veličini koja je s obzirom na odabranu karakterističnu tjelesnu mjeru, najbliža mjerama osobe za koju se izvodi prilagodba kroja.

- Antropometrijsko mjerenje ljudskog tijela i utvrđivanje odnosa ili proporcija između pojedinih njegovih dijelova, od velike je važnosti za konstrukciju odjeće. Računalno beskontaktno utvrđivanje antropometrijskih mjera primjenom 3D skenera i pratećeg računalnog programa, omogućuje precizno utvrđivanje tjelesnih mjera u vrlo kratkom vremenu. Pohranom utvrđenih vrijednosti mjera u odgovarajućem formatu zapisa, one se mogu učitati u program za računalnu prilagodbu krojeva.
- Određivanje mjera koje će se na kroju mijenjati i iznalaženje matematičkih izraza za izračunavanje tih promjena, predstavlja najteži dio pripreme krojeva za kasniju prilagodbu prema mjerama. S obzirom da je modelirani kroj ženske haljine dosta složen, potrebno je predvidjeti i veći broj mjera na kroju koje će se moći modificirati.
- Za spajanje segmenata različitih duljina potrebno je definirati odnose između takvih segmenata i koeficijente pomoću kojih će se kroz izračun osigurati proporcionalnost odnosa segmenata različitih duljina, nakon izvedenih promjena duljina tih segmenata.
- Definiranjem okomitih i vodoravnih osi na krojne dijelove, osigurava se u kasnijoj fazi prilagodbe, proporcionalno mijenjanje mjera simetrično u odnosu na postavljenu os.
- Povezivanjem mjera s osi i točkama segmenata krojnih dijelova, krojni dio se prevodi u parametarski zapis, koji se može testirati interaktivnim pomicanjem pojedine mjere. Na taj način istovremeno se modificiraju svi vezani segmenti konture kroja.
- Mjere postavljene na krivuljama su u ovisnosti o karakterističnim vodoravnim i okomitim mjerama, pri čemu ta ovisnost proizlazi iz zakonitosti konvencionalne konstrukcije odjeće.
- Računalna prilagodba parametarskog modela tijela odjevnog predmeta izvodi se prema antropometrijskim mjerama tijela, određenim pomoću 3D skenera.
- Ocjena pristalosti je ujedno i verifikacija uspješnosti cjelovitog procesa, a poglavito opsežne pripreme krojnih dijelova u programu Modulate i postavljenih matematičkih izraza.

- Izrada krojnih slika primjenom CAD sustava konstrukcijske pripreme i iskrojavanje krojnih dijelova pomoću agregata za iskrojavanje uvelike olakšavaju i ubrzavaju proces krojenja i osiguravaju visoku kvalitetu i preciznost iskrojenih krojnih dijelova.

Na temelju prikazane rasprave i zaključaka, razvidno je da prikazani koncept predstavlja kompleksan proces razvoja modela odjevnog predmeta, od početne ideje prikazane kroz likovni projekt modela, do faze same proizvodnje. Uporaba inovativnih tehnologija u velikoj mjeri pomaže u realizaciji i postizanju kvalitetnih rezultata kroz sve prikazane faze razvoja, međutim zahtijeva aplikaciju novih znanja, temeljenih na znanstveno-istraživačkim spoznajama, kontinuiranom radu i kreativnom pristupu te sustavnom povezivanje znanja iz različitih područja. Stoga je nužno, za potrebe razvoja ovog područja koje predstavlja jedan od mogućih pravaca razvoja odjevne industrije u Republici Hrvatskoj, educirati visokostručne kadrove koji će moći uspješno implementirati stečena znanja u razvoj novih metoda i postupaka.

8. LITERATURA

- [1] Lee, S. E., C. Chen, J. C.: Mass-customization, Methodology for an Apparel Industry with a Future, *Journal of Industrial Technology*, Vol. 16, November 1999 to January 2000, No. 1, URL: <http://nait.org/jit/Articles/lee1222.pdf>, *Pristupljeno*: [12. 03. 2010.]
- [2] S. Petrak, D. Rogale: Systematic Representation and Application of a 3D computer-Aided Garment Construction Method, Part I 3D garment basic cut construction on a virtual body model, *International Journal of Clothing Science and Technology*, 18, 3 (2006) 179-187, ISSN 0955-6222
- [3] S. Petrak, D. Rogale: Complex 3D Matrix Transformations of Cutting Pattern Contour Segments, *Proceedings of 3rd International Textile, Clothing & Design Conference – ITC&DC 2006 - "Magic World of Textiles"*, Dragčević, Z. (Ed.), pp. 483-488, ISBN 953-7105-12-1, Dubrovnik, Croatia, October 08th to 11th 2004, Faculty of Textile Technology, University of Zagreb, Zagreb, Croatia, (2006)
- [4] URL: <http://www.mvm.com/cs/shopForLooks/Default.aspx>, *Pristupljeno*: [25. 03. 2011.]
- [5] URL: <http://3dwalkthroughs.wordpress.com/2008/09/17/my-virtual-model-3d-virtual-commerce-hits-its-stride/>, *Pristupljeno*: [25. 03. 2011.]
- [6] Meng, Y., Mok, P. Y., Jin, X.: Interactive Virtual Try-on Clothing Design Systems, *Computer-Aided Design*, Volume 42, Number 1, January 2010, Pages 310-321
- [7] Rödel, H. et.al: Links between design, pattern development and fabric behaviours for clothes and technical textiles, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 13 (2001) No. 3/4, pp. 217-227, ISSN 0955-6222
- [8] In Hwan S. &, Tae, J. K.: Improvement of drape simulation speed using constrained fabric collision, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 16 (2004) No. 1/2, pp. 43-50, ISSN 0955-6222
- [9] Youngsook, C. et.al.: An interactive body model for individual pattern making, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 17 (2005) No. 2 , pp. 91-99, ISSN 0955-6222
- [10] Kenkere, N. S., May-Plumlee, T.: Evaluation of Drape Characteristics in Fabrics, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 17 (2005) No.2, pp. 109-123, ISSN 0955-6222
- [11] Petrak, S.: Metoda 3D konstrukcije odjeće i modeli transformacija krojnih dijelova / doktorska disertacija, Zagreb, Tekstilno-tehnološki fakultet, 17.05. 2007., 220 str. Voditelj: Rogale, D.
- [12] Kim, C., Kim, S.: Automatic Basic Garment Pattern Generation using Three-Dimensional Measurement, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 22 (2010) No. 2/3, pp. 101-113
- [13] Liu, Y. J., Zhang, D. L., Yuen, M. M. F.: A survey on CAD methods in 3D garment design, *Computers in Industry*, 61, No. 6, (2010) 576–593, ISSN: 0166-3615

- [14] URL: <http://www.lectra.com/> *Pristupljeno* [23. 03. 2010.]
- [15] URL: <http://www.gerbertechnology.com/> *Pristupljeno* [23. 03. 2010.]
- [16] URL: <http://www.optitex.com/>, *Pristupljeno* [18. 01. 2010.]
- [17] URL: <http://www.browzwear.com/>, *Pristupljeno* [18. 01. 2010.]
- [18] Geršak J.: Mehanske in fizikalne lastnosti tekstilnih materialov, Udžbenik sveučilišta u Mariboru, Fakulteta za strojništvo – založništvo, Maribor 2006., ISBN 86-435-0754-7
- [19] Ujević, D., Sirovicza L., Dimec, M.: Prikaz istraživanja i usporedbe sustava odjevnih veličina, *Tekstil*, 52 (2003.) 12, 611-620, ISSN 0492-5882
- [20] Ujević D., Rogale D., Hrastinski M.: Tehnike konstruiranja i modeliranja odjeće, Udžbenik Sveučilišta u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb 2000.
- [21] Rogale, D., Polanović, S.: Računalni sustavi konstrukcijske pripreme u odjevnoj industriji, Udžbenik Sveučilišta u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 1996., ISBN 953-96183-9-8
- [22] Mihajlović, Ž.: Računalna grafika, URL: <http://www.zemris.fer.hr/predmeti/rq/>, *Pristupljeno*: [11. 07. 2010.]
- [23] Vinković, M.: Likovno projektiranje odjeće I, Udžbenik Sveučilišta u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb 1999., ISBN 953-96408-0-6
- [24] Grundler, D.: Primijenjeno računalstvo, Udžbenik Sveučilišta u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb 2000., ISBN 953-6647-03-6
- [25] URL: <http://www.reach-tech.com/index.php/hardwareproducts/reach-digipen>, *Pristupljeno*: [04. 03. 2010.]
- [26] Rogale, D., Ujević, D., Firšt-Rogale, S., Hrastinski, M.: Tehnologija proizvodnje odjeće sa studijem rada, Tehnički fakultet Univerziteta u Bihaću, 2005., COBISS/BIH – ID 7711238
- [27] T.t. Lectra Systems, Technical and Operator's Manual – tehnička dokumentacija
- [28] URL: <http://hr.wikipedia.org/wiki/USB>, *Pristupljeno*: [20. 01. 2011.]
- [29] Tae J. K. & Sung M. K.: Development of three-dimensional apparel CAD system: Part II: Prediction of garment drape shape, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 12 (2000) No. 1, pp. 39-49, ISSN 0955-6222
- [30] Stylios, G. K., Wan, T.R. & Powell, N.J.: Modelling the dynamic drape of garments on synthetic humans in a virtual fashion show, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 8 (1996) No. 3, pp. 95-112, ISSN 0955-6222
- [31] D. Rogale, S. Petrak i V. M. Botteri: Method of Transforming 3D Clothing Patterns Into 2D Cutting Parts, 2nd International Textile Clothing & Design Conference - ITC&DC 2004 - "Magic World of Textiles", October 03rd to 06th 2004, DUBROVNIK, CROATIA, ISBN 953-7105-05-9

- [32] Kim, S., Park, C. K.: Basic garment pattern generation using geometric modeling method, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 9 No. 1, 2007 pp. 7-17
- [33] *T.t. Optitex – tehnička dokumentacija*
- [34] Hrastinski, M.: *Gradiranje i računalna konstrukcija odjeće*, Društvo za unapređivanje odgoja i obrazovanja, DUOO, Zagreb 2000.
- [35] Petrak, S., Glavica, B., Geršak, J., Mahnić, M., Rogale, D., Ujević, D.: *Garments Prototype Development Using an Innovative Computer Technology*, Book of Proceedings of the 5th International Textile, Clothing & Design Conference – ITC&DC 2010 - "Magic World of Textiles", Dragčević, Z. (Ed.), pp.438-493, ISSN 1847-7275, Dubrovnik, Croatia 2010, Faculty of Textile Technology, University of Zagreb
- [36] Bridson, R., Fedkiw, R. & Anderson, J.: Robust Treatment of Collisions, Contact and Friction for Cloth Animation, URL: <http://citeseer.ist.psu.edu/correct/535840>, *Pristupljeno*: [25. 09. 2010.]
- [37] In Hwan S. & Tae, J. K.: Improvement of drape simulation speed using constrained fabric collision, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 16 (2004) No. 1/2, pp. 43-50, ISSN 0955-6222
- [38] Stylios, G. K., Wan, T.R. & Powell, N.J.: Modelling the dynamic drape of garments on synthetic humans in a virtual fashion show, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 8 (1996) No. 3, pp. 95-112, ISSN 0955-6222
- [39] Foley, J., Van Damme, A.: *Computer Graphics, Principles and practice* - Addison-Wesley Publishing Company, Reading MA, 1991, ISBN 0-201-12110-7
- [40] Petrak, S., Mahnić, M., Ujević, D., Rogale, D.: Computer design of textile and clothing collection – assumption of contemporary remote business, *Proceedings of 11th World textile Conference AUTEX*, Mulhouse, France, June 8th – 10th, 2011, ISBN 978-2-7466-2858-8
- [41] Civilian American and European Surface Anthropometry Resource Project-CAESARTM, URL: <http://store.sae.org/caesar/#3dscans>, *Pristupljeno* [18. 03. 2010.]
- [42] Survey sizes up Americans for the perfect fit, URL: http://www.tc2.com/news/news_sizearticle.html, *Pristupljeno* [18. 03. 2010.]
- [43] NTC Project S01-CR01, Use of Body Scan Dana to Design Sizing Systems Based on Target Markets, URL: <http://www.ntcresearch.org/pdf-rpts/Bref0602/S01-CR01-02.pdf>, *Pristupljeno*: [18. 03. 2010.]
- [44] Ujević, D: *Hrvatski antropometrijski sustav – stanje, potrebe i perspektiva*, Inovacijsko žarište, bilten MZOŠ, 2004.
- [45] Ujević D., Petrak S. Rogale, D, Doležal K., Brlobašić Šajatović B.: Conventional and Computer-controlled Methods In Anthropometry under Consideration, *Proceedings of the 7th International Scientific Conference on Production Engineering RIM 2009*, Kairo, Egipat, 26.09.-03.10.2009, Tehnički fakultet Univerziteta u Bihaću , 2009. 152-157 (ISBN: 978-9958-624-29-2)

- [46] D'Apuzzo N.: Recent advances in 3D full body scanning with applications to fashion and apparel, 9th Conference on Optical 3-D Measurement Techniques 2009, Engineering Geodesy Vienna University of Technology, Vienna, Austria, 2009
- [47] VITUS - 3D body scanner, URL: <http://www.vitus.de/>, *Pristupljeno* [12. 02.2010.]